

УДК 620.92

№ 01201059508

Инв. № 6

УТВЕРЖДАЮ

Ректор ФГАОУ ВПО «УрФУ имени
первого Президента России Б.Н.Ельцина»

_____ В.А.Кокшаров

« » _____ 2011 г.

ОТЧЕТ

О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

по теме: «Получение спиртовых топлив из растительной биомассы для аккумуляирования
нерегулярных энергетических потоков от ВИЭ»

(итоговый)

(Государственный контракт от 15 июня 2009 г. № 02.740.11.0064)

Этап 6

Руководитель работы
Профессор, д.т.н.

С.Е. Щеклеин

Екатеринбург 2011

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Руководитель темы,		С.Е.Щеклеин, проф.,д.т.н.
д-р технич. наук	_____	(введение, заключение)
	подпись, дата	
Исполнители темы		Ю. Е. Немихин , ст. преподаватель
	_____	(раздел 1)
	подпись, дата	
	_____	В.М.Пахалуев, проф.,д.т.н.
	подпись, дата	(раздел 1, заключение)
	_____	А.Г.Шастин, проф, к.т.н.
	подпись, дата	(разделы 2, 3)
	_____	Е. В. Борисова, ассистент
	подпись, дата	(Приложение 1)
Нормоконтролер		А.И. Попов, доц., к.т.н.
	_____	(разделы 1, 3)
	подпись, дата	
	_____	В. В.Власов, ст. преподаватель
	подпись, дата	(разделы 2-4)
	_____	В. И. Велькин, доц.,к.т.н.
	подпись, дата	(раздел 2)
	_____	С. А. Коржавин, аспирант
	подпись, дата	(Приложение 1)
	_____	А.А. Холмаков, аспирант
	подпись, дата	(Приложение 1)
	_____	Ю.А. Барабанова, аспирант
	подпись, дата	(Приложение 1)
	_____	А.А. Булыгин, аспирант
	подпись, дата	(Приложение 1)
	_____	А.С. Петров, инженер
	подпись, дата	(Приложение 1)
	_____	Е. В. Арбузова, ассистент
	подпись, дата	(раздел 3)
	_____	В.А. Климова, аспирант
	подпись, дата	(раздел 3, Приложение 2)
	_____	А.В. Матвеев, инженер, к.т.н.
	подпись, дата	(раздел 1)
	_____	Е. В.Стариков, ст. преподаватель, к.т.н.
	подпись, дата	(раздел 2)
	_____	Е. В. Черепанова ст. преподаватель,

подпись, дата	к.т.н. (раздел 2) О.Л. Ташлыков, доц., к.т.н.
подпись, дата	(разделы 1, 3) А.О.Яковлев, студент
подпись, дата	(раздел 2, Приложение 4) Е.Д. Бойкачев, студент
подпись, дата	(раздел 2, Приложение 2) А.И. Котюсов, студент
подпись, дата	(раздел 2, Приложение 2) И.А. Гладилов, студент
подпись, дата	(раздел 3, Приложение 4) А.В. Бугуев, студент
подпись, дата	(раздел 3, Приложение 2) Л.Р. Закирьянов, студент
подпись, дата	(раздел 3, Приложение 2) Ф.Ф. Вольф, студент
подпись, дата	(раздел 3, Приложение 1) Е.В. Ракитин, студент
подпись, дата	(раздел 3, Приложение 1,2)

РЕФЕРАТ

Отчет 171 с., 75 рис., 3 табл., 14 источников.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ, КОНСТРУКЦИИ, ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И ГИДРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ, СОЛНЕЧНЫЙ КОЛЛЕКТОР, СОЛНЕЧНЫЙ КОНЦЕНТРАТОР.

Объектом исследования являются экспериментальные установки для получения тепловой и электрической энергии за счет использования энергии солнца и гидравлических ресурсов. Цель работы – разработка конструкций экспериментальных энергетических установок на базе фотоэлектрических и гидроэнергетических преобразователей, солнечных коллекторов и концентраторов солнечной энергии, изготовление экспериментальных стендов и проведение исследований эффективности получения тепловой и электрической энергии в условиях резко- континентального климата, характерного для многих регионов России.

Разработаны, изготовлены и исследованы характеристики установок адаптированных для работы в условиях Уральского региона. На разработанные установки получены и поданы заявки на полезные модели и изобретения.

В натурных условиях исследована эффективность производства энергии при помощи фотоэлектрических и гидроэнергетических преобразователей, солнечных коллекторов и концентраторов солнечной энергии.

При помощи созданных стендов проведены опытные перегонки и ректификация топливного этанола.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	7
1. Создание испытательных стендов для исследования эффективности получения этанола, с использованием солнечных коллекторов в натуральных условиях.....	8
1.1 Испытательный стенд и методика проведения исследований	8
1.1.1 Оборудование испытательного стенда.....	8
1.1.2 Методика проведения исследований.....	12
1.2 Результаты экспериментальных исследований эффективности получения этанола, с использованием солнечных коллекторов в натуральных условиях.....	13
2. Создание испытательных стендов для исследования эффективности получения этанола, с использованием солнечных концентраторов в натуральных условиях.....	23
2.1 Испытательные стенды и методика проведения исследований	23
2.1.1 Оборудование испытательных стендов.....	24
2.1.2 Методика проведения исследований.....	32
2.2 Результаты исследования эффективности солнечных концентраторов	33
2.2.1 Исследование интенсивности солнечной радиации	33
2.2.2 Испытания концентраторов солнечной энергии на тепловую эффективность в натуральных условиях	34
3. Создание испытательных стендов для исследования эффективности получения этанола, с использованием солнечных фотоэлектрических преобразователей в натуральных условиях	42
3.1 Испытательные стенды и методика проведения исследований	42
3.1.1 Оборудование испытательных стендов.....	42
3.1.2 Техничко-экономические характеристики испытательного стенда.....	47
3.1.2 Методика проведения исследований.....	48
3.2 Результаты исследований	49
3.2.1 Исследование интенсивности приходов солнечной радиации.....	49
3.2.2 Результаты экспериментальных испытаний	57
4. Создание испытательных стендов для исследования эффективности получения этанола, с использованием гидроэнергетических установок в натуральных условиях	72
4.1 Испытательный стенд и методика проведения исследований	72
4.1.1 Оборудование испытательного стенда.....	72
4.1.2 Методика проведения исследований.....	77
4.2 Результаты исследований	78
ГК № 02.740.11.0064	5

ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	91
Библиографический список.....	93
Приложение П.1	95
Приложение П.2.....	121
Приложение П.3	129
Приложение П.4.....	151

ВВЕДЕНИЕ

Целью работы является анализ возможностей использования возобновляемых источников энергии для технологий производства топливного этанола, как способа аккумулирования нерегулярной энергии данных источников в виде высококалорийного органического носителя.

Основание и исходные данные для разработки темы:

Работа выполняется на основании государственного контракта № 02.740.11.0064 между ФГАОУ ВПО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н.Ельцина» (г.Екатеринбург) и Министерством образования и науки Российской Федерации (г.Москва).

В УрФУ, на кафедре атомной энергетики с 1995 года ведутся исследования и образовательный процесс по специальности нетрадиционные и возобновляемые источники энергии. Выпущено более 250 инженеров по специальности 140202 «Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии», опубликовано более 280 научных работ. Молодыми учеными защищено и подготовлено к защите 8 диссертационных работ по направлению ВИЭ, реализован ряд проектов национального уровня. В 2009 году за вклад в укрепление экологической безопасности и устойчивое развитие России УрФУ признан победителем конкурса «Национальная экологическая премия- 2009», проводимого Фондом имени В.И. Вернадского, Государственной Думой и Советом Федерации России. В 2010 году группа сотрудников и студентов УрФУ удостоена золотой медали Уральского энергетического форума за экспонат «Ветроэнергетическая установка с вертикальным ротором». В 2011 году УрФУ признан победителем кросса инноваций Свердловской области с проектом «Бесплотинные малые ГЭС для удаленных от сети потребителей».

Исходными данными для выполнения работы являются опубликованные в открытой печати данные Государственного комитета по гидрометеорологии РФ по приходам энергии на территорию страны от возобновляемых источников. Технические и научные данные, опубликованные в открытой печати по современным и перспективным технологиям использования энергии возобновляемых источников для производства электричества и теплоты; технологиям производства топливного этанола.

За время выполнения этапа по результатам НИР было опубликовано 24 статьи в научных изданиях, получен патент РФ и поданы 3 заявки на полезные модели и изобретения.

1. СОЗДАНИЕ ИСПЫТАТЕЛЬНЫХ СТЕНДОВ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ ЭТАНОЛА, С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОЛНЕЧНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ В НАТУРНЫХ УСЛОВИЯХ.

1.1 Испытательный стенд и методика проведения исследований.

Стенд предназначен для получения тепловой энергии для обеспечения технологических процессов получения топливного этанола не требующих высоких температур (брожение) и как система предварительного нагрева теплоносителя для получения высоких температур в концентраторах солнечной энергии для этапов дистилляции и ректификации. Принцип включения стенда в технологический процесс поясняет рис. 1.1.

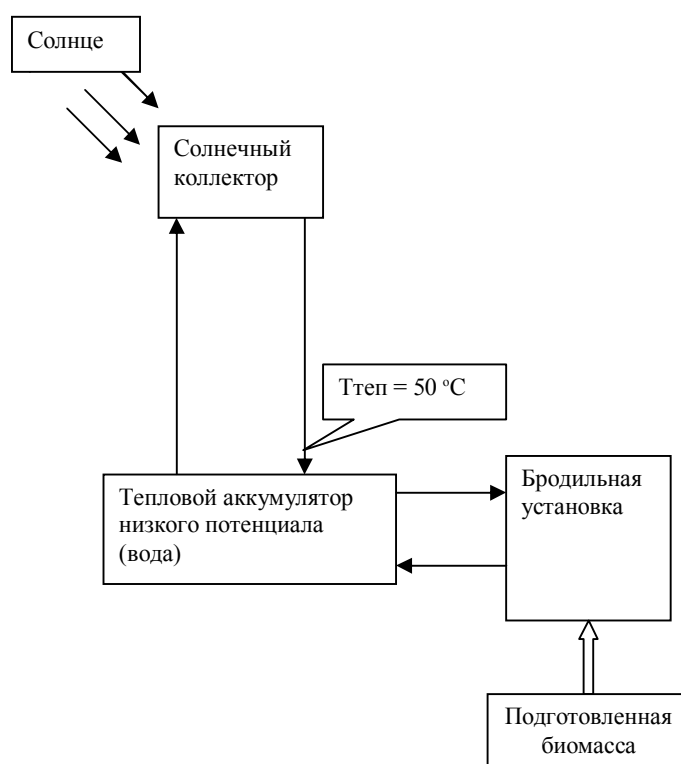


Рисунок 1.1 Схема включения стенда в технологический процесс

1.1.1 Оборудование испытательного стенда

Испытательный стенд содержит следующие устройства:

- систему из 4- последовательно включенных плоских солнечных коллекторов,
- солнечный коллектор с вакуумной тепловой изоляцией, теплопередающими элементами на основе тепловых труб и встроенным скоростным теплообменником,
- бак аккумулятор тепла низкого потенциала (до 80 гр.С) с системой встроенных теплообменников,

- система измерений стационарных характеристик (расхода теплоносителя, температур на входе и выходе плоских и вакуумного коллектора, в баке аккумулятора).
- система измерений нестационарных характеристик (температур на входе и выходе всех плоских и вакуумного коллектора, в баке аккумулятора с регистрацией данных на компьютер),
- систему измерений нестационарных характеристик солнечной радиации.
- систему трубопроводов,
- запорно-регулирующие задвижки,
- электрическую коммутационную систему.

Принципиальная гидравлическая схема стенда приведена на рис. 1.2.

Технические характеристики солнечных коллекторов и результаты исследования их характеристик приводились ранее (отчет по этапу № 5).

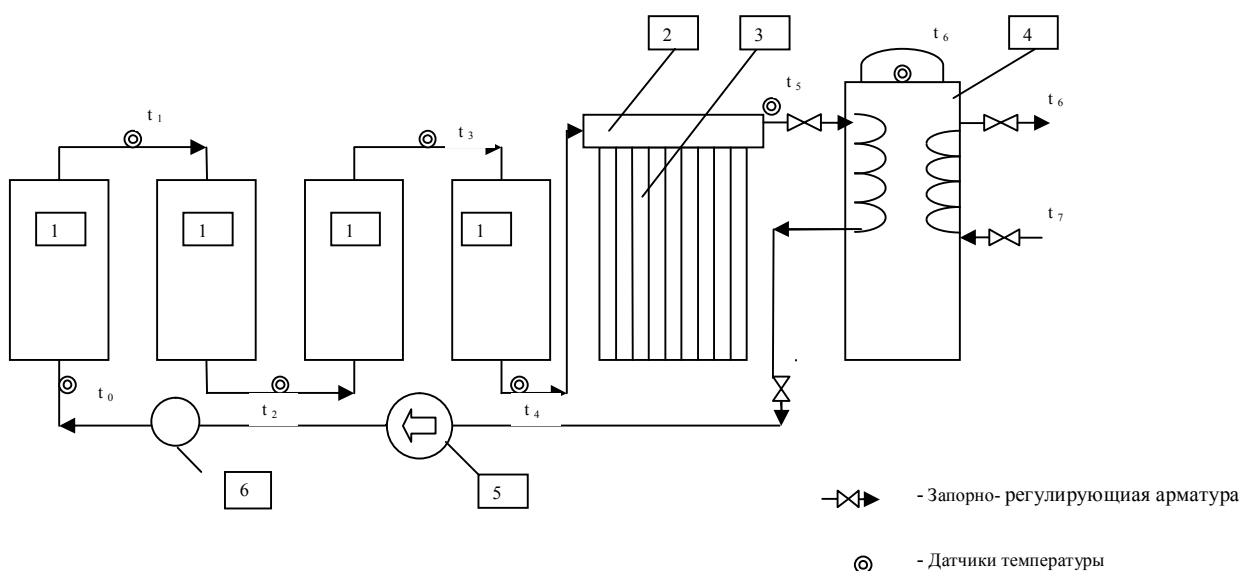


Рисунок 1.2 Принципиальная схема испытательных стендов для исследования эффективности получения этанола, с использованием солнечных коллекторов в натурных условиях:

1- плоские солнечные коллекторы, 2- скоростной теплообменник, 3- вакуумные тепловые трубы в вакуумной тепловой изоляции, 4- бак аккумулятор тепловой энергии, 5- циркуляционный насос, 6- расходомер.

Солнечные коллекторы имеют южную ориентацию и стационарный угол наклона к горизонту - 45 гр.

На рис.1.3-1.6 приведены фрагменты монтажа, наладки и проведения исследований на испытательном стенде.

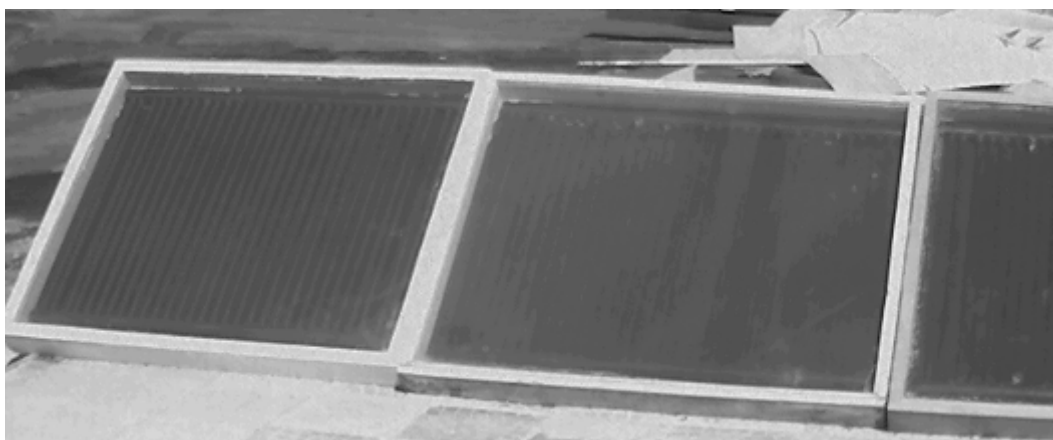


Рисунок 1.3 Плоские солнечные коллекторы.



Рисунок 1.4 Монтаж систем измерения испытательного стенда.

(студенты Паздников А., Анников С., Данилов В., руководитель аспирант Коржавин С.).



Рисунок 1.5 Наладка вакуумного солнечного коллектора.
(студенты Данилов В., Бунькова Е., руководитель аспирант Коржавин С.).



Рисунок. 1.6 Регулировка бака аккумулятора
(студенты Данилов В., Бунькова Е.)

1.1.2 Методика проведения исследований

Т.к. исследования энергетических характеристик установки имело длительный характер, сбор и накопление информации, как по приходу солнечной радиации, так и по температурным характеристикам было максимально автоматизировано.

Для исследования радиационных характеристик применялись две независимых автоматических метеорологических комплекса (производства США), регистрирующих прямую и рассеянную радиацию, температуру и влажность окружающей среды, силу и направление ветра в автоматическом режиме с сохранением данных в памяти компьютера.

Для измерения температурных характеристик испытательного стенда был разработан и изготовлен специальный 20 канальный измерительный комплекс, позволяющий выполнять измерения в широком диапазоне температур.

Методика проведения исследований.

Подготовка стенда к работе:

1. Открытие воздушных клапанов бака аккумулятора.
2. Заполнение холодной водой бака аккумулятора (2-ой контур).
3. Открытие воздушных клапанов в верхней точке теплоносителя 1-го контура.
4. Заполнение теплоносителем 1-го контура стенда.
5. Выпуск воздуха и организация водяного уплотнения вала циркуляционного насоса.
6. Включение циркуляционного насоса и организация циркуляции по 1-му контуру.
7. Регистрация начальных показаний расхода теплоносителя.

Работа:

1. Включение измерительных комплексов регистрации солнечной радиации и температурных характеристик стенда.
2. Настройка и синхронизация баз данных систем п.1.
3. Регистрация значений температур в точках контура и баке в холодном состоянии при закрытых шторках доступа радиации на поверхность коллекторов.
4. Установка и регистрация заданного расхода теплоносителя.
5. Открытие шторок доступа солнечной радиации.
5. Продолжительность эксперимента при одном расходе определяется временем выхода на максимальные (или заданные) параметры бака аккумулятора и составляла в среднем 1- 2 суток.
6. После проведения эксперимента установка расхолаживалась и готовилась к эксперименту на следующем расходе теплоносителя 1-го контура..

1.2 Результаты экспериментальных исследований эффективности получения этанола, с использованием солнечных коллекторов в натурных условиях.

В ходе исследований определялись приходы солнечной радиации, изменение тепловых характеристик элементов установки; определялась энергетическая производительность и эффективность установки.

Некоторые характерные данные по измерению приходов солнечной радиации и тепловым характеристикам элементов установки приведены на рис. 1.7-1.11.

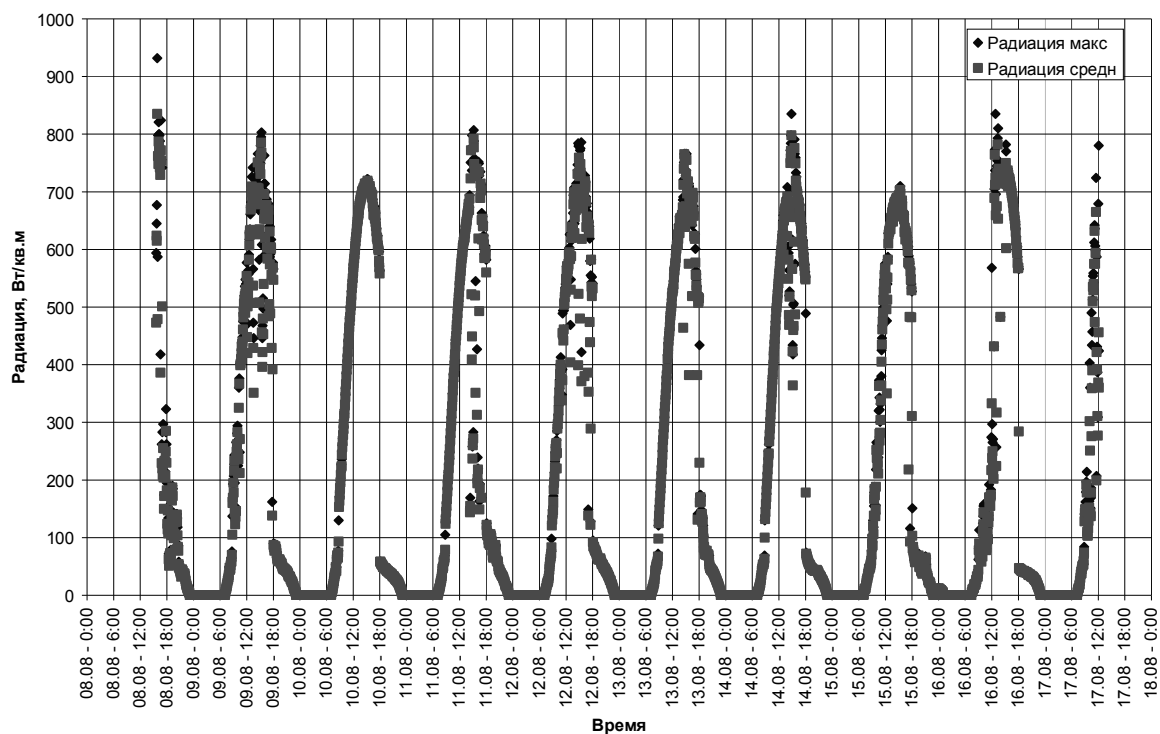


Рисунок. 1.7 Данные по приходу солнечной радиации в многодневном цикле

Внешний вид графика рис.1.7 показывает наличие циклической (суточной) составляющей прихода энергии солнца, однако маскирует стохастический характер, связанный с облачностью, прозрачностью атмосферы и прочими факторами. На рис.1.8 приведен детальный суточный график прихода солнечной радиации, учитывающий упомянутые выше явления.

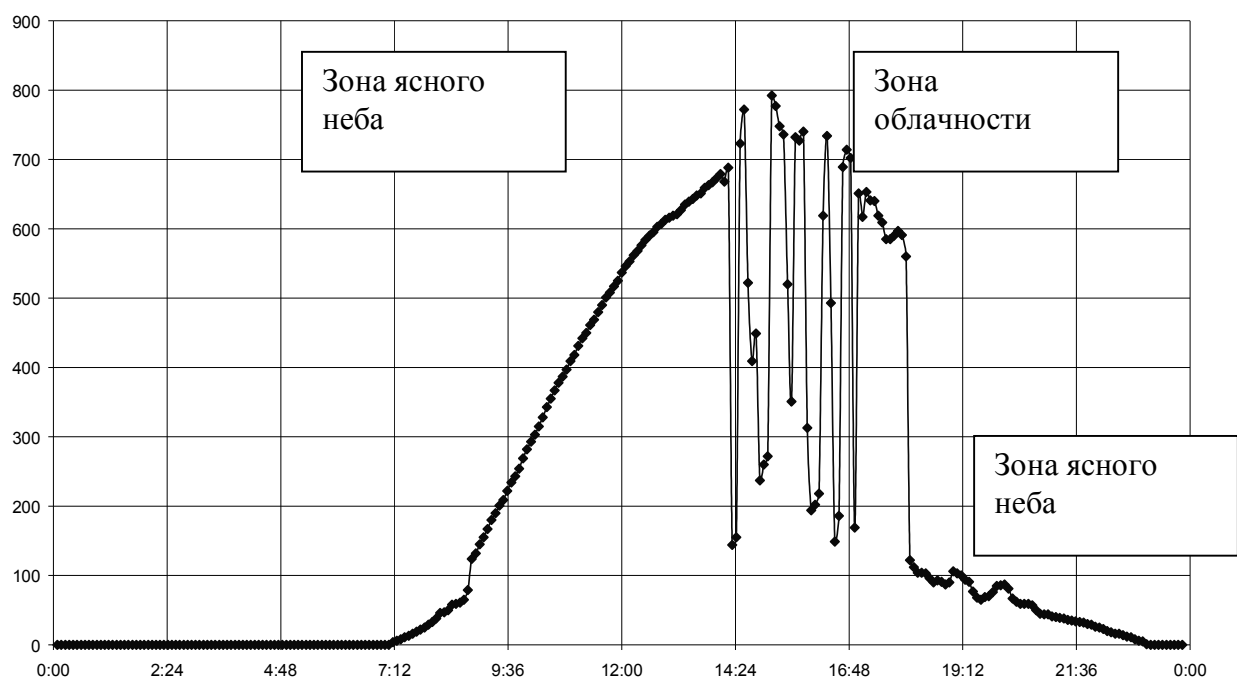


Рисунок. 1.8 Характерный суточный график прихода солнечной радиации.

Ниже на рис. 1.9-1.13 приведены данные исследования температурных характеристик испытательного стенда при проведении исследований при разомкнутой (без использования бака аккумулятора) тепловой схеме.

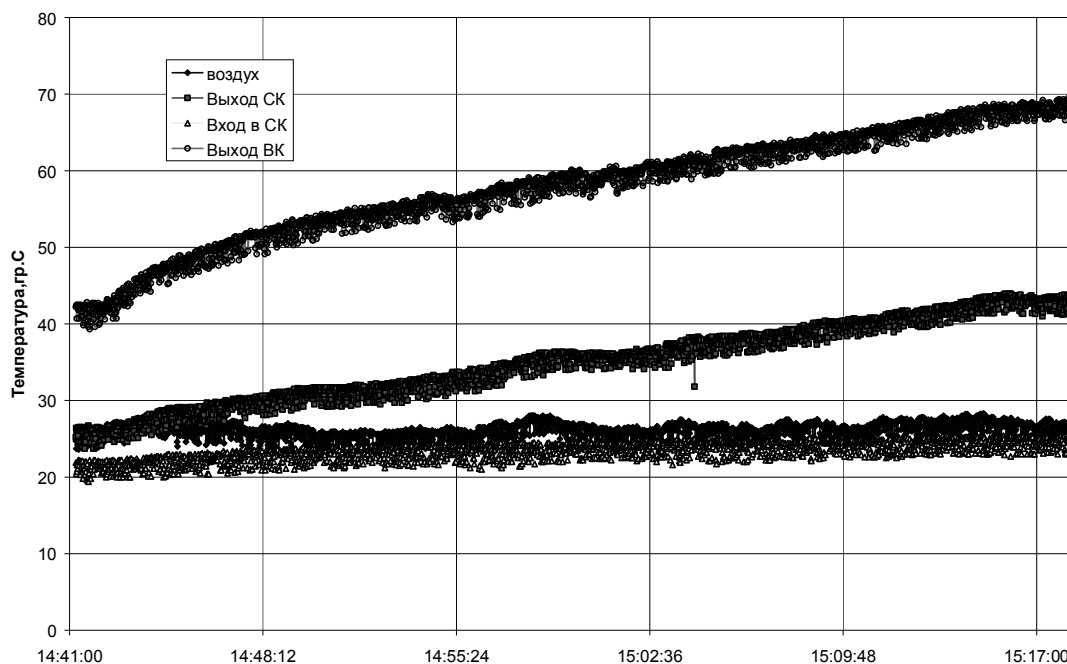


Рисунок. 1.9 Суточный график изменения температур в характерных точках испытательного стенда при расходе теплоносителя 1-го контура 1л/мин.

Вход СК -температура входа теплоносителя в систему плоских солнечных коллекторов,
Выход СК –температура выхода из плоских солнечных коллекторов,
Выход ВК–температура выхода из вакуумного солнечного коллектора.

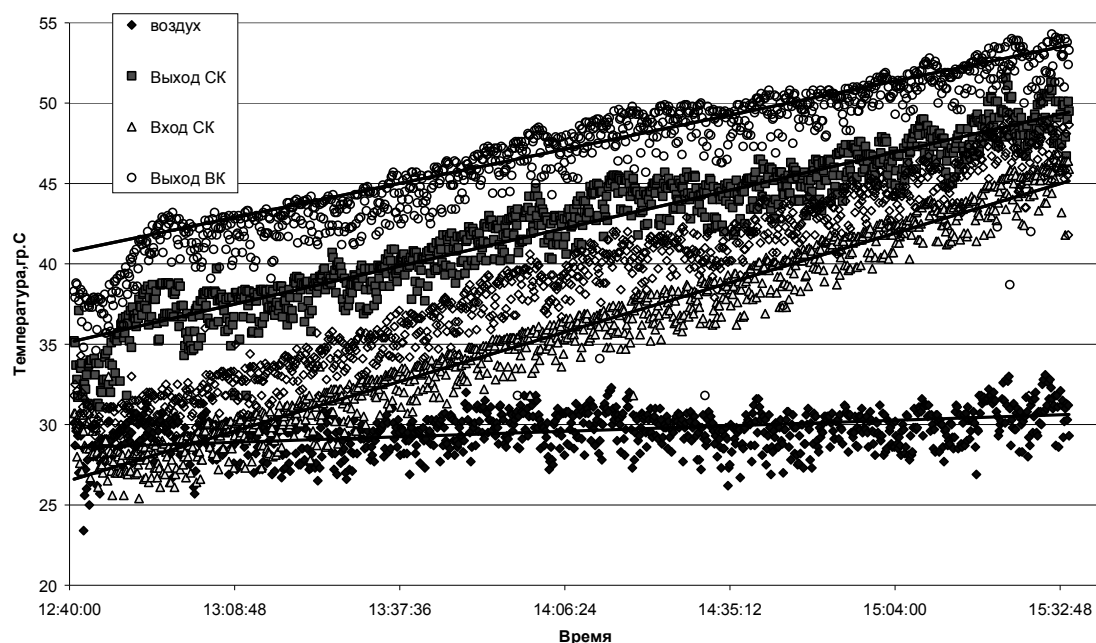


Рисунок. 1.10 Суточный график изменения температур в характерных точках испытательного стенда при расходе теплоносителя 1-го контура 6 л/мин.

Вход СК -температура входа теплоносителя в систему плоских солнечных коллекторов,
 Выход СК –температура выхода из плоских солнечных коллекторов,
 Выход ВК–температура выхода из вакуумного солнечного коллектора.

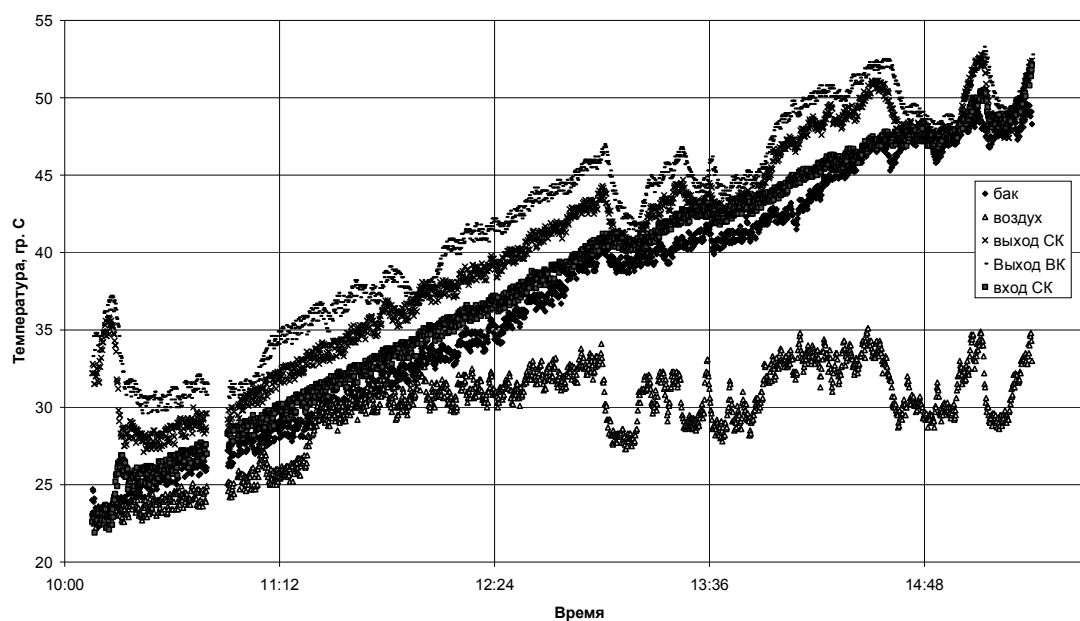


Рисунок. 1.11 Суточный график изменения температур в характерных точках испытательного стенда при расходе теплоносителя 1-го контура 12 л/мин.

Вход СК -температура входа теплоносителя в систему плоских солнечных коллекторов,
 Выход СК –температура выхода из плоских солнечных коллекторов,
 Выход ВК–температура выхода из вакуумного солнечного коллектора.

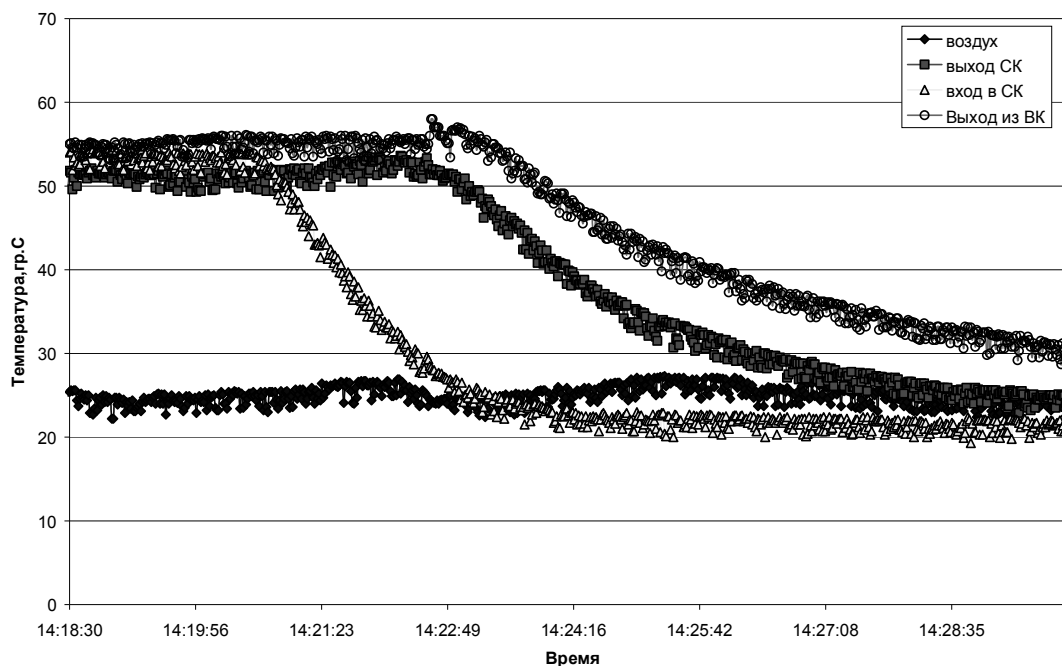


Рисунок. 1.12 График изменения температур в характерных точках испытательного стенда при увеличении расхода холодного теплоносителя (разомкнутая схема) с 1 до 12 л/мин.

Вход СК -температура входа теплоносителя в систему плоских солнечных коллекторов,
 Выход СК –температура выхода из плоских солнечных коллекторов,
 Выход ВК–температура выхода из вакуумного солнечного коллектора.

При проведении исследований с баком аккумулятором ставилась задача получить и устойчиво поддерживать на высоком уровне температуру в баке. На рис.1.13 приведена временная диаграмма изменения температуры в баке аккумулятора.

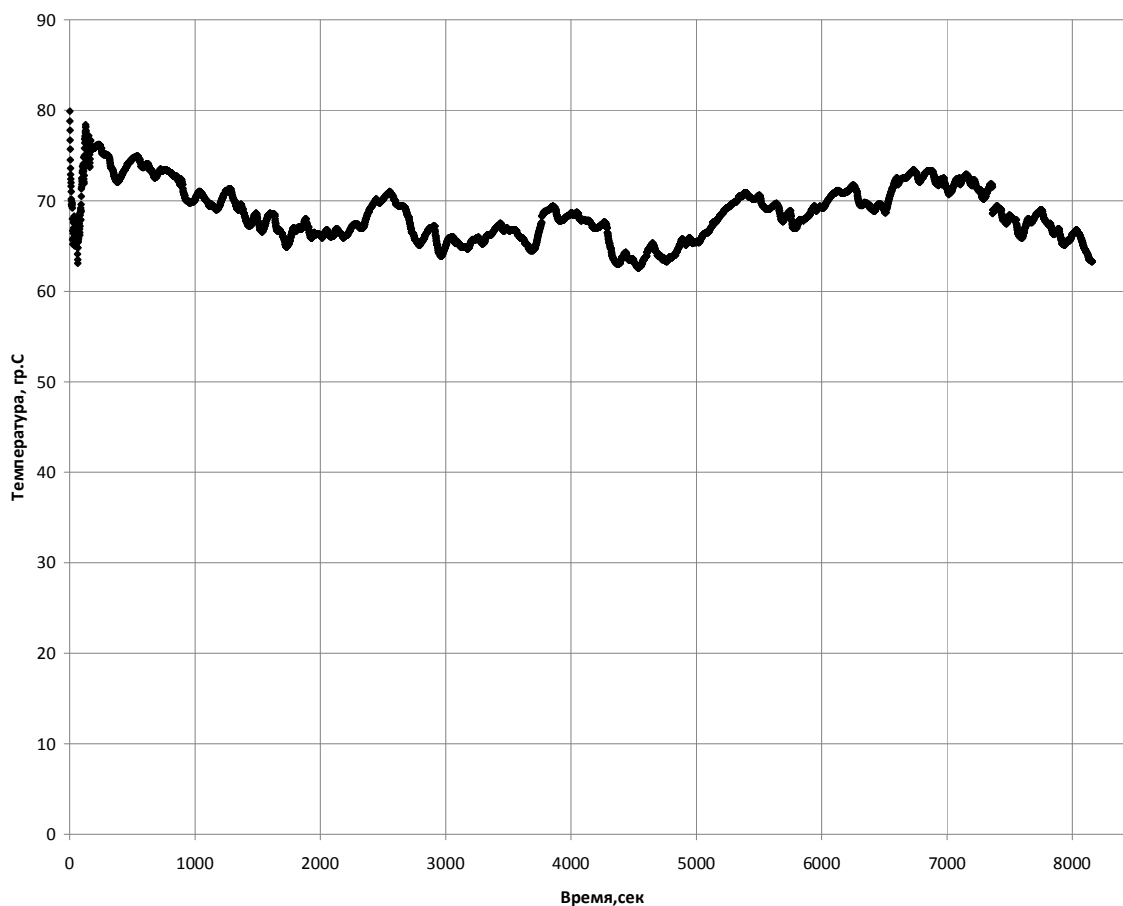


Рисунок. 1.13 График изменения температур в баке аккумулятора испытательного стенда.

Анализ графика показывает, что при умеренном расходе теплоносителя возможно поддержание температуры, достаточной для технологических нужд установок для получения этанола (ферментация, брожение) и последующего догрева до более высоких температур, требуемых для процесса дистилляции на солнечных концентраторах или электрических испарителях.

Экспериментальная оценка по данным исследований уровня тепловой мощности стенда приведена на рис.1.14.

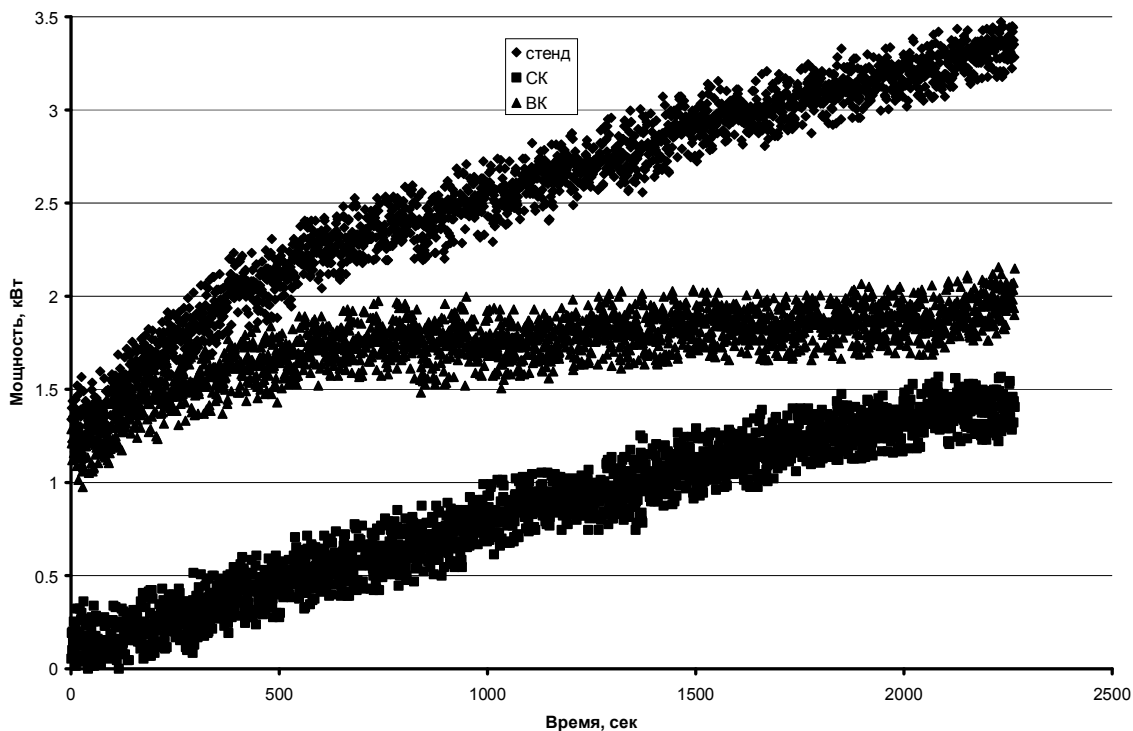


Рисунок. 1.14 График изменения во времени тепловой мощности стенда и его элементов при интенсивности солнечной радиации 700 Вт/кв.м.

Стенд – общая тепловая мощность стенда,

СК – тепловая мощность плоских солнечных коллекторов,

ВК–вакуумного солнечного коллектора.

Изменение во времени мощности плоских солнечных коллекторов связано с их значительной тепловой инерцией, проявляющейся при пуске из холодного состояния.

Вакуумный солнечный коллектор обладает существенно меньшей инерционностью вследствие использования мало- материалоемких тепловых труб.

На рис. 1.15 приведены значения коэффициента полезного действия стенда и его элементов, полученные в результате обработки синхронных массивов информации по приходу и восприятию солнечной радиации.

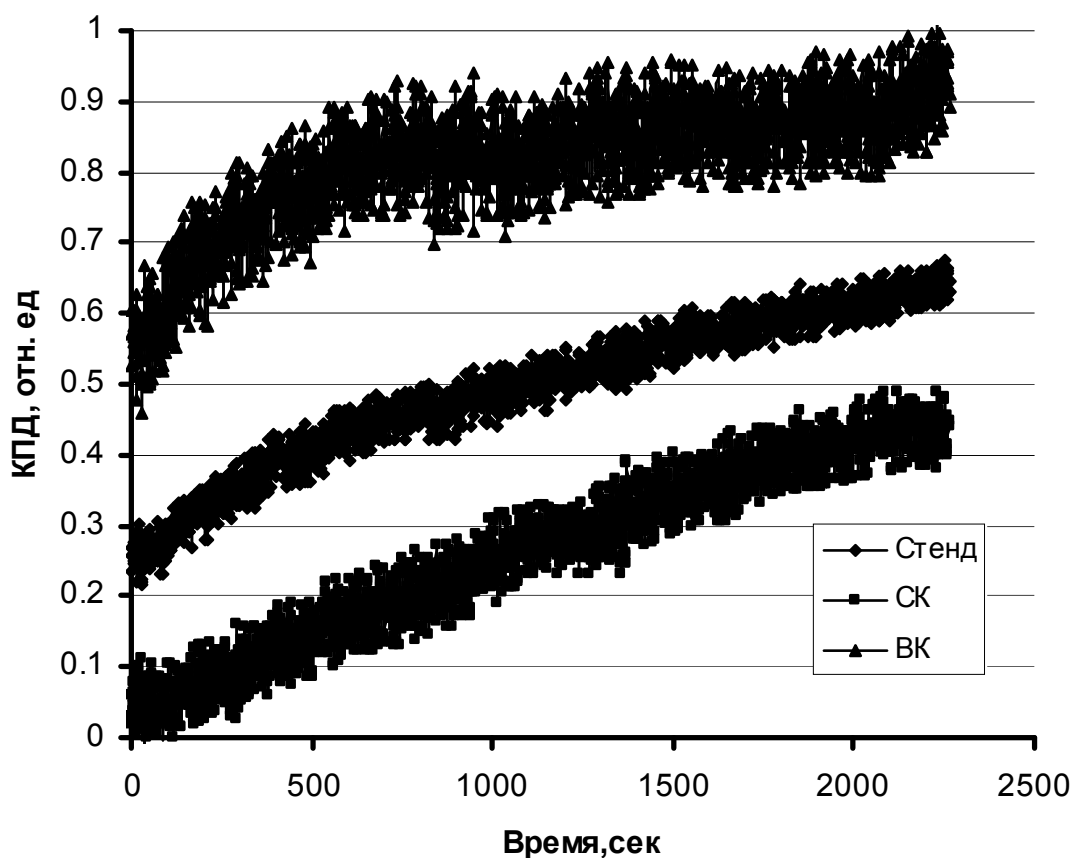


Рисунок. 1.15 График изменения во времени КПД стенда и его элементов

Стенд – общий КПД стенда,

СК – КПД плоских солнечных коллекторов,

ВК– КПД вакуумного солнечного коллектора.

Выводы

Полученные результаты подтверждают высокую энергетическую эффективность вакуумных коллекторов. В тоже время использование менее эффективных плоских солнечных коллекторов оправдано их доступностью и низкой стоимостью.

Разработанная комбинированная схема стенда отвечает требованиям достаточно высокой энергетической эффективности. КПД стенда в стационарных условиях находится с диапазоне 0.65-0.7.

Тепловая мощность стенда достаточна для обеспечения технологического процесса производства топливного этанола.

2. СОЗДАНИЕ ИСПЫТАТЕЛЬНЫХ СТЕНДОВ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ ЭТАНОЛА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОЛНЕЧНЫХ КОНЦЕНТРАТОРОВ В НАТУРНЫХ УСЛОВИЯХ

2.1 Испытательные стенды и методика проведения исследований.

Стенд предназначен для получения тепловой энергии для обеспечения технологических процессов получения топливного этанола требующих высоких температур (этапы дистилляции и ректификации) в концентраторах солнечной энергии. Принцип включения стенда в технологический процесс поясняет рис. 2.1.

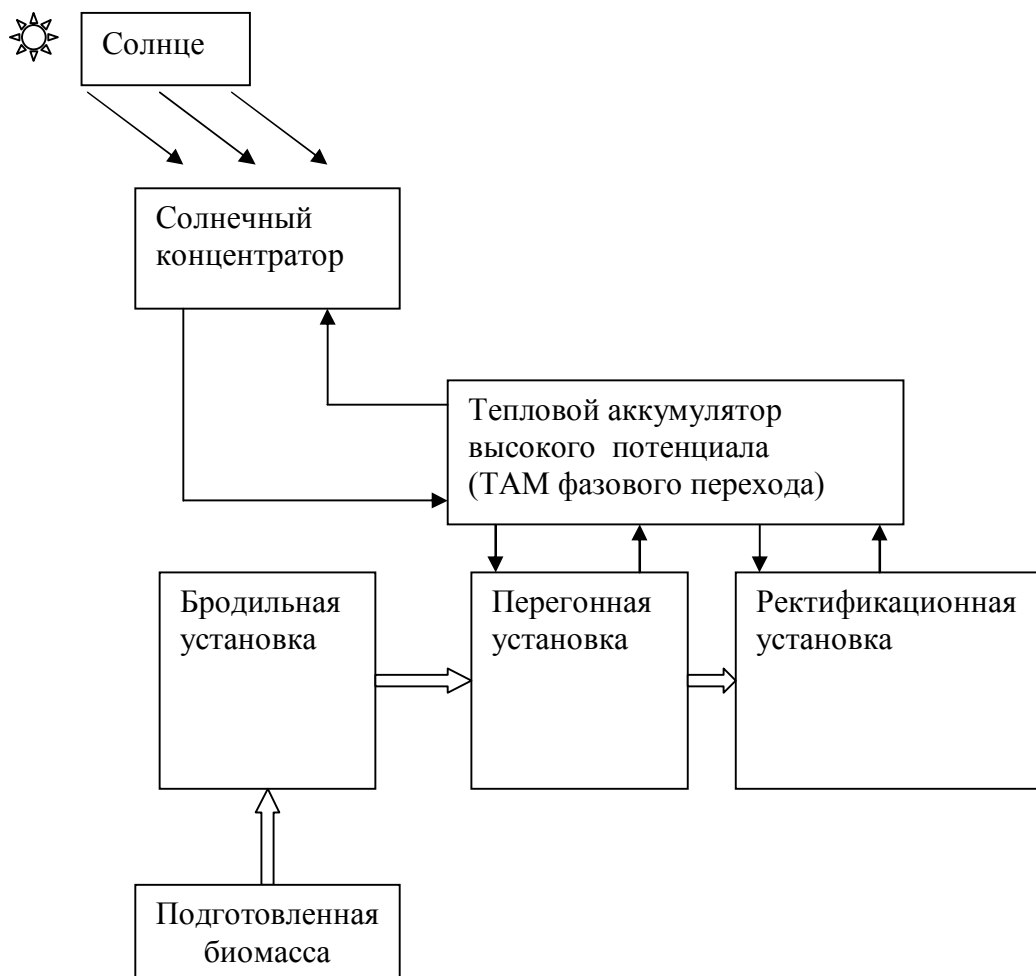


Рисунок 2.1 Включение стенда в технологический процесс

2.1.1 Оборудование испытательных стендов

Испытательный стенд №1 содержит следующие устройства:

- параболический концентратор солнечной энергии диаметром 2,4 м с фокусным расстоянием 0,75 м.,
- теплоприемник спирального типа, расположенный в фокальной плоскости концентратора,
- бак аккумулятор теплоты низкого потенциала (до 80 гр.С) с системой встроенных теплообменников,
- бак аккумулятор теплоты высокого потенциала (до 170 гр.С) с системой встроенных теплообменников,
- система измерений стационарных характеристик (расхода теплоносителя, температур на входе и выходе теплообменника концентратора, в баке аккумуляторе).
- система измерений нестационарных характеристик (температур на входе и выходе теплообменника концентратора с регистрацией данных на компьютер),
- систему измерений нестационарных характеристик солнечной радиации.
- систему трубопроводов,
- запорно- регулирующие задвижки,
- электрическую коммутационную систему.

Принципиальная гидравлическая схема стенда приведена на рис. 2.2.

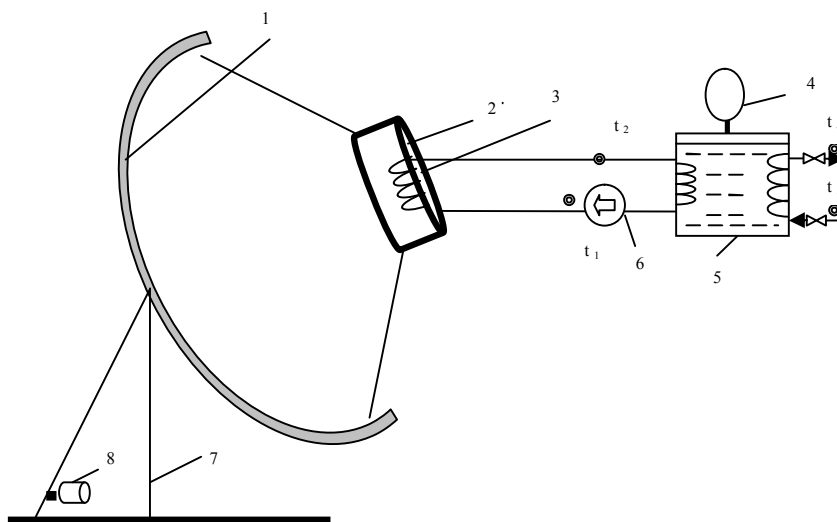


Рисунок 2.2 Принципиальная схема включения параболического концентратора.

1- приемно- отражающая поверхность концентратора, 2- корпус теплоприемника, 3- скоростной теплообменник, 4- расширительный бак, 5- высокотемпературный бак-аккумулятор, 6- циркуляционный насос, 7- опорные конструкции, 8- электромеханическая система ориентации.

Технические характеристики солнечных концентраторов и некоторые результаты исследования их характеристик приводились ранее (этап ГК № 5).

На рис.2.3- 2.5 приводятся фрагменты этапов сооружения и наладки параболического концентратора солнечной энергии.

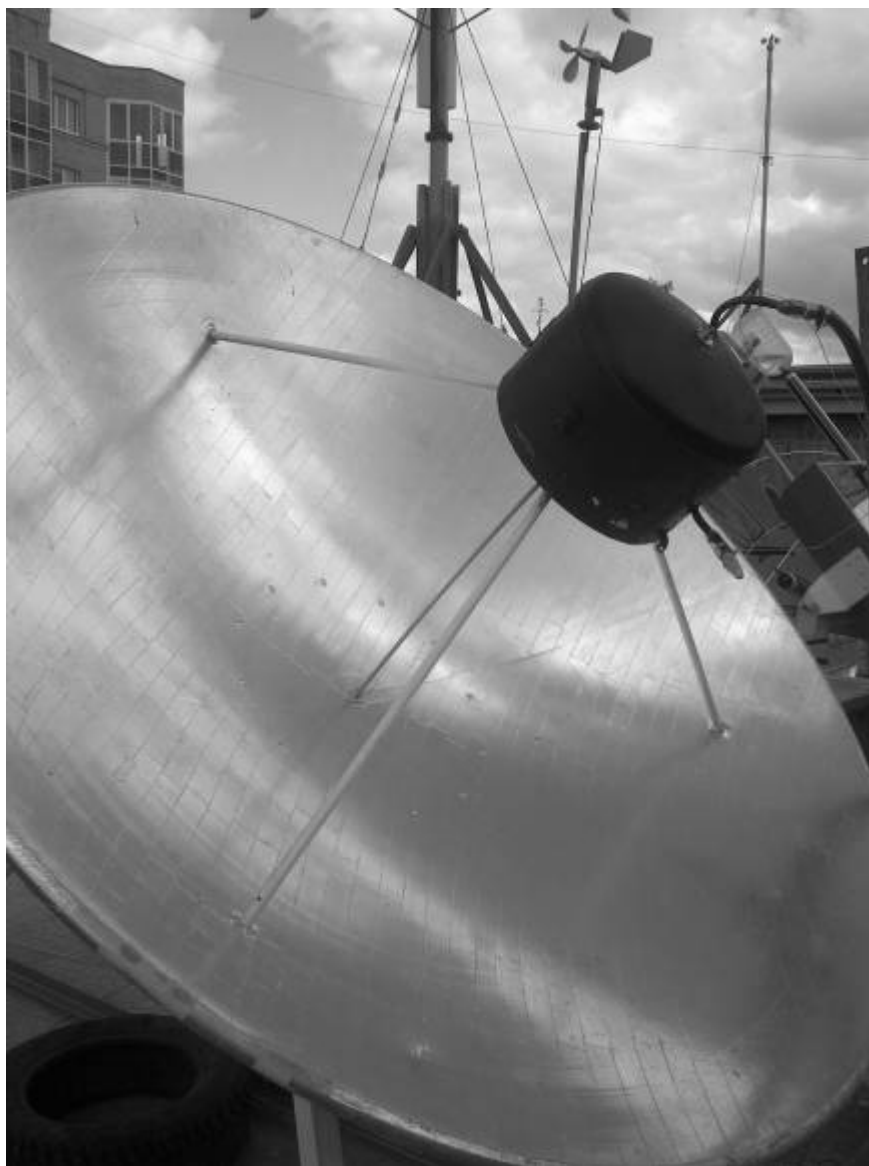


Рисунок 2.3 Общий вид отражающего параболоида и теплоприемного устройства.

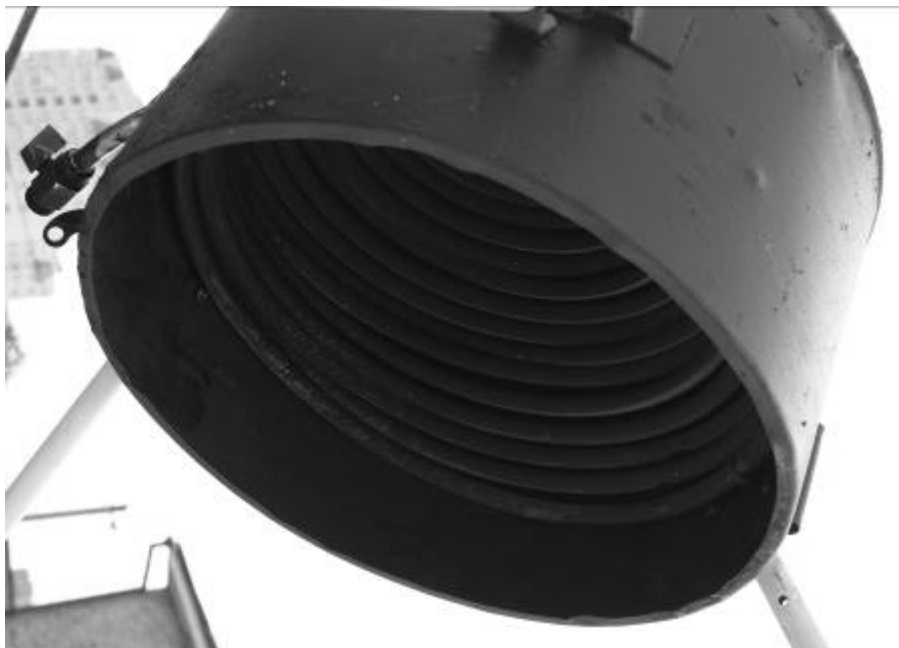


Рисунок 2.4 Общий вид спиральной теплоприемной поверхности приемного устройства.



Рисунок 2.5 Студенты Терехов С, Паздников А., Бунькова Е. производят настройку фокусного расстояния концентратора под руководством аспиранта Коржавина С.А.

Испытательный стенд №2 содержит следующие устройства:

- параболоцилиндрический концентратор солнечной энергии площадью 1,2 кв.м,
- теплоприемный элемент с вакуумной тепловой изоляцией, теплопередающим элементом на основе тепловой трубы и встроенным теплообменником- парогенератором,
- бак аккумулятор тепла высокого потенциала (до 170 гр.С) с системой встроенных теплообменников,
- система измерений нестационарных характеристик (температур на входе и выходе теплообменника- парогенератора, в баке аккумулятора с регистрацией данных на компьютере),
- систему измерений нестационарных характеристик солнечной радиации,
- систему трубопроводов,
- электрическую коммутационную систему.

Принципиальная гидравлическая схема стенда приведена на рис. 2.6.

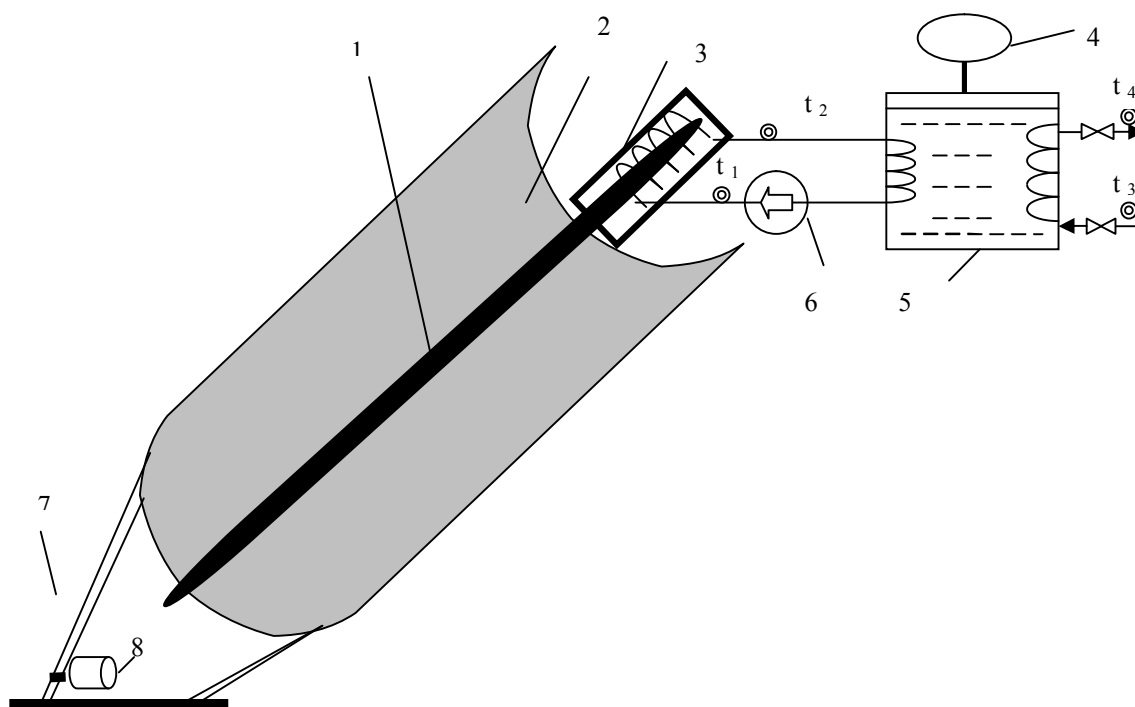


Рисунок 2.6 Технологическая схема включения параболоцилиндрического концентратора.

1- тепловая труба в вакуумной оболочке, 2- приемно- отражающая поверхность концентратора, 3- скоростной теплообменник, 4- расширительный бак, 5- высокотемпературный бак- аккумулятор, 6- циркуляционный насос, 7- опорные конструкции, 8- электромеханическая система ориентации

На рис.2.8- 2.9 приводятся фрагменты этапов сооружения и наладки параболического концентратора солнечной энергии.



Рисунок 2.7 Общий вид параболоцилиндрического концентратора с приемником на базе тепловой трубы в вакуумной теплоизоляции.



Рисунок 2.8 Студент Паздников А. производит подготовку подвижной опоры системы ориентации параболоцилиндрического концентратора.



Рисунок 2.9 Студент Паздников А. под руководством аспиранта Коржавина С.А. производит заправку теплообменника.

Технические характеристики отдельных солнечных концентраторов и результаты расчетов их геометрических характеристик приводились ранее (этап ГК № 5).

2.1.2 Методика проведения исследований

Исследования концентраторов солнечной энергии выполнялись с целью оценки их тепловой эффективности. В силу особенностей конструкций методы оценки эффективности концентраторов №1 и №2 несколько различались.

Методика проведения исследований концентратора №1.

1. При отсутствии солнечной радиации спиральный теплообменник приемника радиации подключался через запорно- регулирующую арматуру к термостатированному баку с запасом технической воды.
2. Путем открытия арматуры устанавливался необходимый стационарный расход теплоносителя.
3. Производилось измерение расхода объемным методом.
4. Осуществлялась поверка датчиков температуры вход и выхода теплоносителя из спирального теплообменника.
5. Включалась система автоматического измерения температуры с регистрацией результатов измерений в памяти компьютера.
6. Осуществлялась ориентация и фокусировка концентратора.
7. Продолжительность измерительного цикла определялась временем достижения заданного уровня температуры выхода жидкости (пара) из спирального теплообменника.
8. После завершения опыта осуществлялась расфокусировка и расхолаживание концентратора, изменение расхода теплоносителя и повторение операций 3-7.

Методика проведения исследований концентратора №2.

1. При отсутствии солнечной радиации бак теплообменник- парогенератор заправляется заданным объемом теплоносителя (от 1 до 5 литров)
2. Осуществлялась поверка датчиков температуры теплоносителя в зоне размещения конденсационной части тепловой трубы.
3. Включалась система автоматического измерения температуры с регистрацией результатов измерений в памяти компьютера.
4. Осуществлялась ориентация и фокусировка концентратора на солнце.
5. Продолжительность измерительного цикла определялась временем достижения заданного уровня температуры и выпариванием части объема жидкости из бака теплообменника.

6. После завершения опыта осуществлялась расфокусировка и расхолаживание концентратора, замена теплоносителя и повторение операций 1-5.

2.2 Результаты исследования эффективности солнечных концентраторов

2.2.1 Исследование интенсивности солнечной радиации

Исследование интенсивности солнечной радиации осуществлялось синхронно с измерением теплофизических характеристик солнечных концентраторов при помощи 2-х автоматических метеостанций Южной (№2) и Юго-восточной ориентации (1).

Осуществлялся контроль и регистрация как полной, так и рассеянной составляющих солнечной радиации, а также распределение энергии по зонам энергетического спектра.

Приведенные на рис.2.10 данные суточного измерения радиации показали хорошую сходимость результатов.

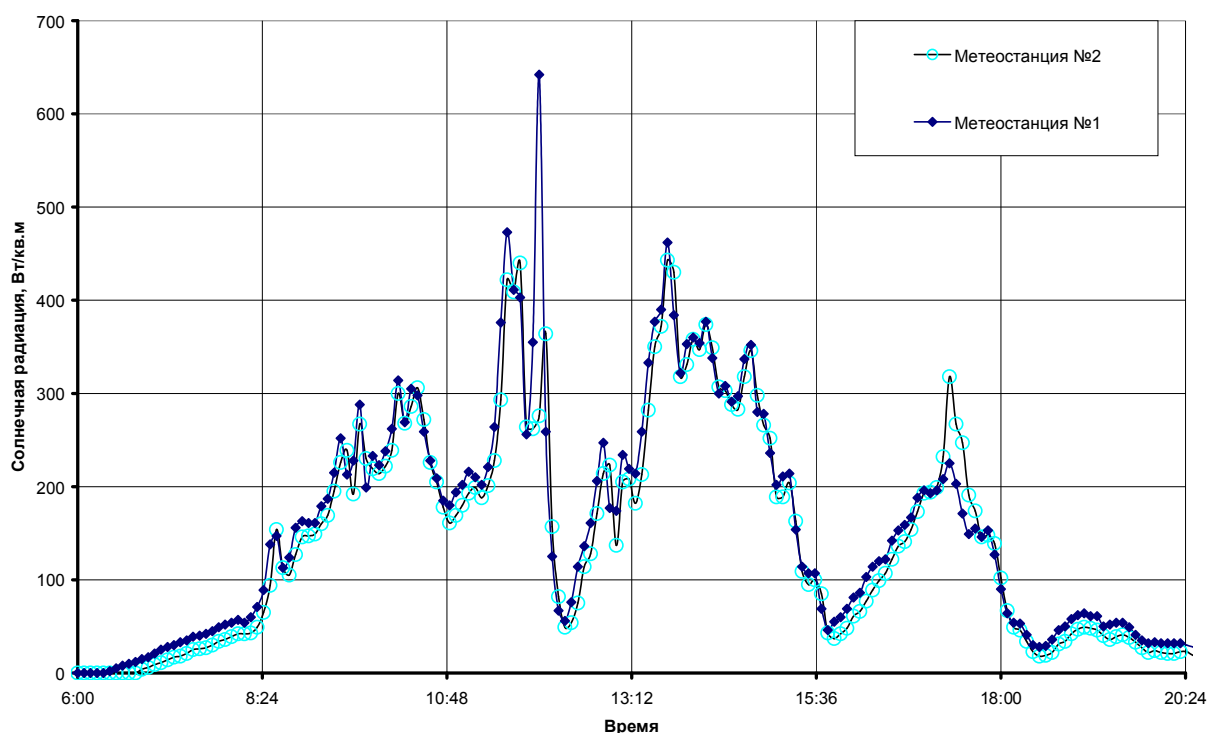


Рисунок 2.10. Сопоставление результатов суточного измерения интенсивности солнечной радиации метеостанциями Юго- восточной (№1) и Южной (№2) ориентации.

На рис.2.11 представлены данные измерения значений солнечной радиации в характерные дни испытаний солнечных концентраторов.

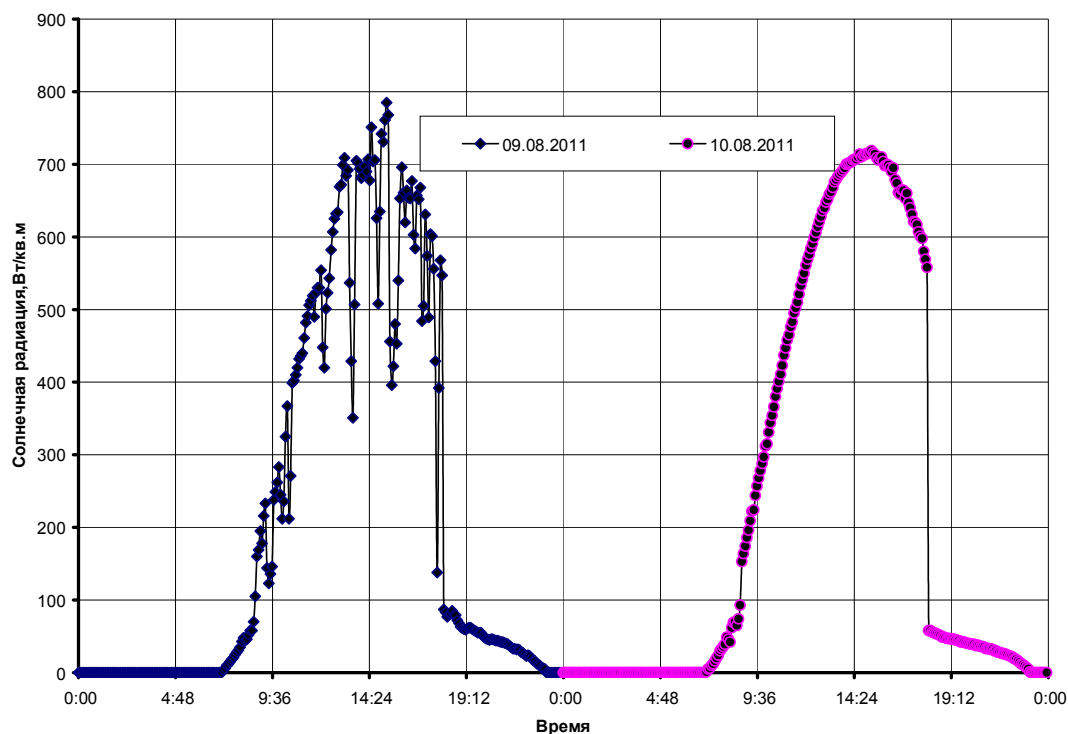


Рисунок 2.11 Результаты измерений интенсивности солнечной радиации в характерные дни испытаний солнечных концентраторов.

2.2.2 Испытания концентраторов солнечной энергии на тепловую эффективность в натуральных условиях

Т.к. исследуемые концентраторы №1 и №2 принципиально различны по конструкциям целесообразно проведение раздельного анализа каждого типа.

Концентратор №1.

На рис.2.12 представлены результаты измерения температур на выходе из спирального теплоприемника при различных расходах теплоносителя.

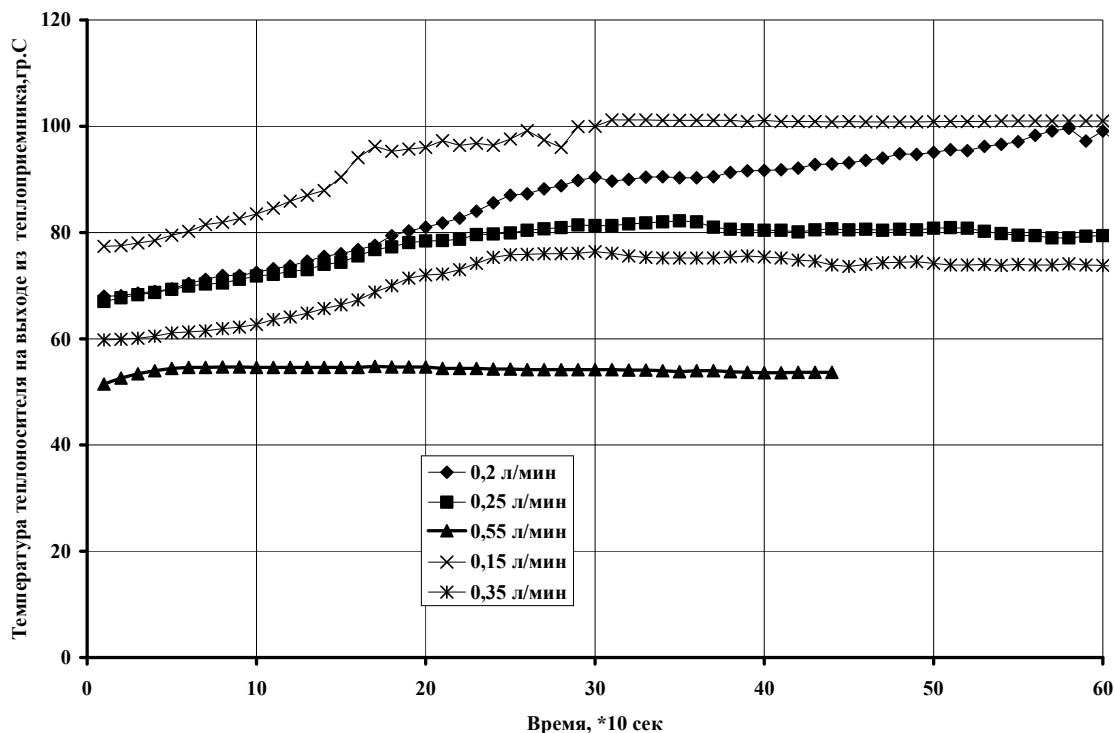


Рисунок 2.12 Изменение температуры теплоносителя на выходе из теплоприемника солнечного концентратора.

Анализ графика показывает, что при умеренных расходах теплоносителя происходит нагрев и переход в режим непрерывного парообразования. Так при расходе теплоносителя 0,15 л/мин кипение начиналось через 2,5-3 минуты и продолжалось в течение всего периода прихода дневной солнечной радиации (5-6 часов). При больших расходах охлаждающей жидкости возникал режим стабилизации температуры на уровне, постоянном в течение всего периода прихода дневной солнечной радиации.

Повышение расхода теплоносителя приводит к снижению уровня выходной температуры.

На рис.2.13 приведена диаграмма изменения температуры теплоносителя на выходе теплоприемника при повышении расхода с 0,15 до 0,45 л/мин.

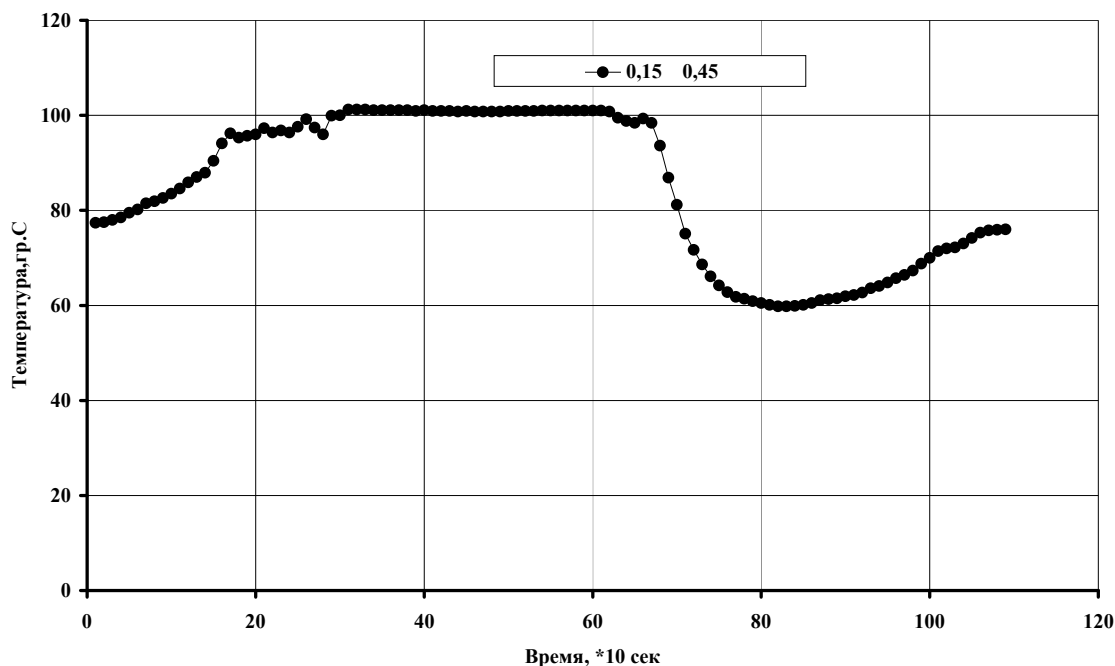


Рисунок 2.13 Изменение температуры теплоносителя на выходе теплоприемника при повышении расхода с 0,15 до 0,45 л/мин

Оценку тепловой мощности концентратора №1 можно произвести по значению величины энергии ($Q_{\text{тепл}}$), расходуемой на полное испарение циркулирующего теплоносителя и нагрев его от уровня температуры бака термостата ($t_{\text{тер}} = 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$) до температуры кипения:

$$Q_{\text{тепл}} = Q_{\text{пар}} + Q_{\text{нагр}} = G_{\text{тепл}} * (r_{\text{тепл}} + C_p * (t_{\text{нас}} - t_{\text{тер}})) , \text{ кВт}$$

где:

$Q_{\text{пар}}$ - мощность расходуемая на парообразование,

$Q_{\text{нагр}}$ - - мощность расходуемая на нагрев до кипения,

$G_{\text{тепл}}$ -расход теплоносителя, кг/сек,

$r_{\text{тепл}}$ - скрытая теплота парообразования (для воды равная 2250 кДж/кг).

На рис.2.14 приведены данные расчета мощности концентратора для разных расходов теплоносителя.

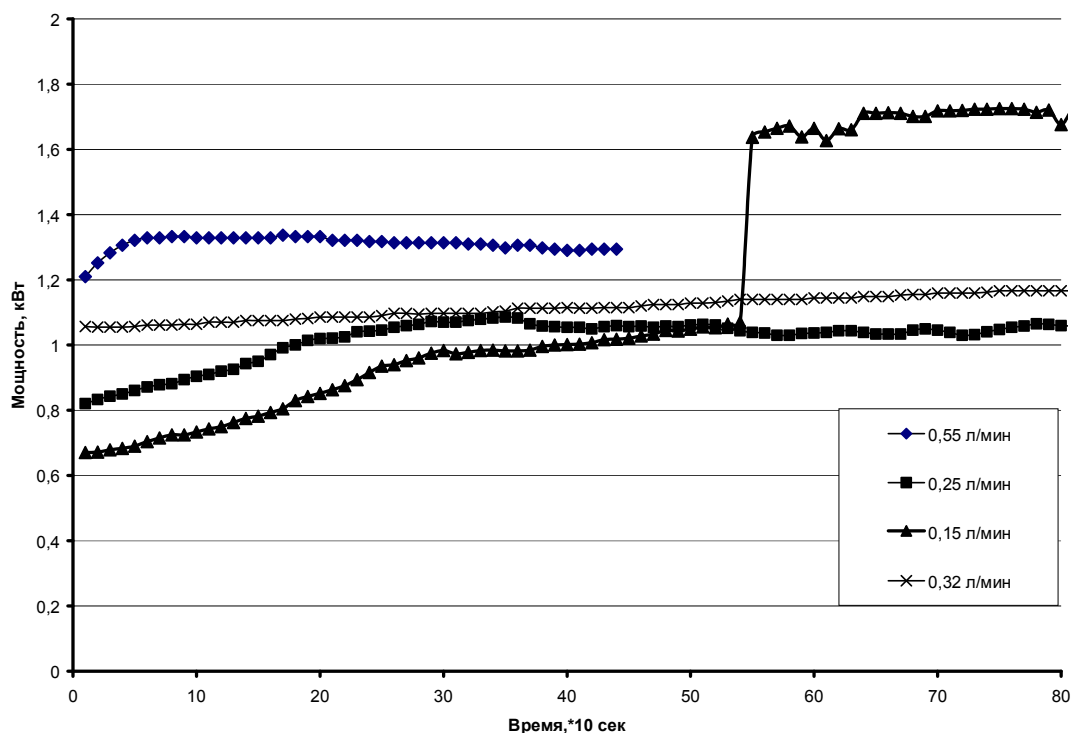


Рисунок 2.14 Характер изменения тепловой мощности концентратора от времени при разных расходах теплоносителя.

Из приведенного графика видно, что в режимах конвективного теплообмена, характерных для повышенных расходов, при переходе в стационарное состояние мощность концентратора стремится к постоянному значению (1,2 кВт); при возникновении режима парообразования мощность возрастает до несколько более высокого уровня (1,7 кВт). Данный факт объясняется повышением интенсивности теплосъема, вследствие дополнительного поглощения энергии, требуемой для фазового перехода жидкость- пар.

На рисунке 2.15 приведены значения теплового КПД концентратора, оцененное по данным синхронных измерений солнечной радиации.

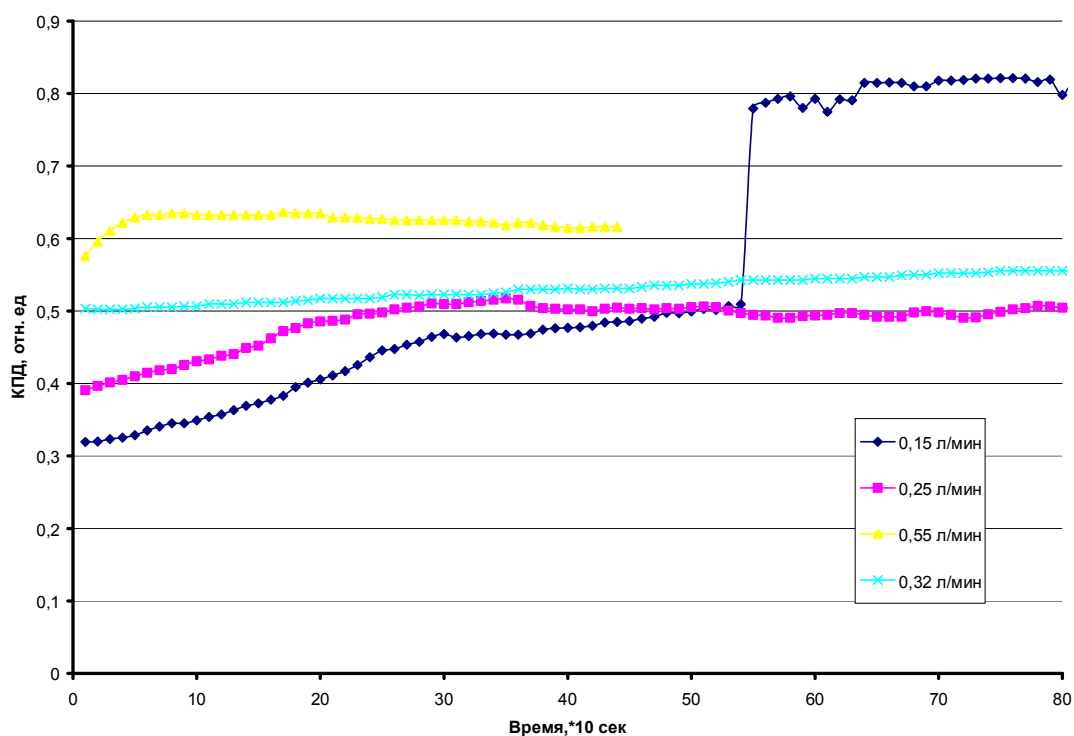


Рисунок 2.15 Изменение КПД параболического концентратора во времени для различных расходов теплоносителя.

Из анализа представленного графика следует, что в зоне конвективного теплообмена достигаемый уровень КПД находится в диапазоне 0,55- 0,6. В зоне парообразования КПД повышается до уровня 0,8- 0,85.

Концентратор №2.

На рис.2.16 представлены результаты измерения температур в баке-теплоприемнике системы.

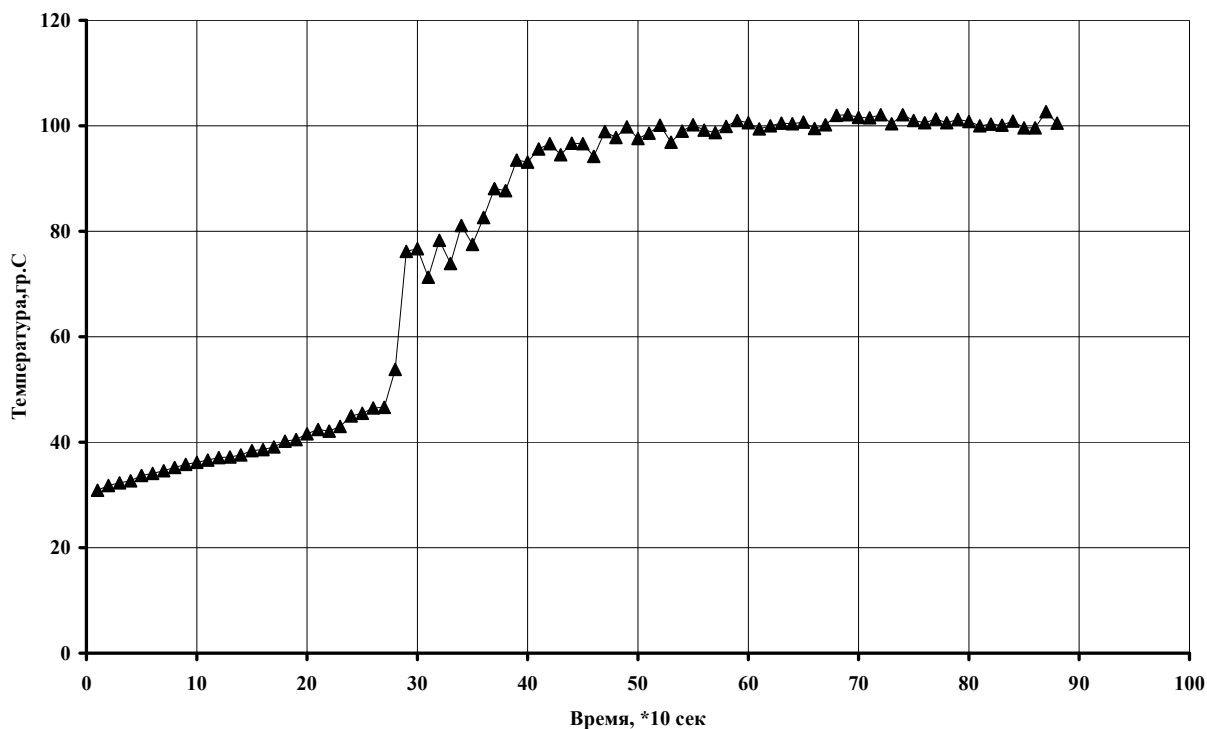


Рисунок 2.16 Изменение во времени температуры в баке теплоприемнике параболоцилиндрического концентратора.

График иллюстрирует темп нагрева теплоносителя от начального значения ($t_0 = 30 \text{ гр.С}$) до конечного- стационарного значения, соответствующего условиям теплового равновесия с окружающей средой и устойчивого парообразования. На рис.2.17 приведена фотография процесса парообразования на поверхности тепловой трубы, выполненная при помощи съемного прозрачного бака.



Рисунок 2.17 Развитое поверхностное кипение в баке теплоприемнике (200 сек после начала опыта)

Тепловая мощность концентратора №2 определяется по значению величины энергии ($\mathcal{E}_{\text{тепл}}$), расходуемой на полное испарение части теплоносителя и нагрев его от уровня начальной температуры бака теплоприемника ($t_o = 20$ гр.С) до температуры кипения:

$$\mathcal{E}_{\text{тепл}} = \mathcal{E}_{\text{пар}} + \mathcal{E}_{\text{нагр}} = M''_{\text{тепл}} * r_{\text{тепл}} + M_{\text{тепл}} C_p * (t_{\text{нас}} - t_{\text{тер}}), \text{ кДж}$$

где:

$\mathcal{E}_{\text{пар}}$ - энергия расходуемая на парообразование,

$\mathcal{E}_{\text{нагр}}$ - энергия, расходуемая на нагрев до кипения,

$M_{\text{тепл}}$ - полная масса теплоносителя, кг,

$M''_{\text{тепл}}$ - масса выкипевшего теплоносителя, кг

$r_{\text{тепл}}$ - скрытая теплота парообразования (для воды равная 2250 кДж/кг).

Расчет по данным рис.2.16 для начального объема теплоносителя в баке теплоприемнике 2 л. дает среднее значение тепловой мощности за время эксперимента 0,6-0,65 кВт. Синхронные данные по приходу радиации в период исследования позволяют провести оценку КПД концентратора, который имеет средний уровень 0,8- 0,85.

Выводы

Проведенные испытания разработанных стендов для обеспечения высокопотенциальной тепловой энергией на основе концентраторов солнечной энергии позволили установить:

1. Тепловая мощность концентраторов достаточна для устойчивого получения тепловой энергии высокого потенциала, требуемой для технологического процесса дистилляции спиртосодержащего раствора в количестве, определенном техническим заданием.
2. Высокий КПД концентраторов при работе в режиме парообразования подтверждает целесообразность использования их в составе комплексного стенда с применением бака аккумулятора нагретого теплоносителя более низких параметров (80гр.С). В этом случае производительность концентраторов по пару составляет №1- 30 кг/сут, №2- 18 кг/сут.
3. В связи с тем, что концентратор №2 обладает аномально низким уровнем тепловых потерь (менее 1,7 Вт/кв.м*гр) целесообразно рассматривать его в качестве базового при создании промышленного образа установки дистилляции всесезонного типа.
4. Разработанная конструкция стенда №2 является модульной и позволяет набор любого требуемого уровня тепловой мощности и паропроизводительности путем увеличения количества модулей.

3. СОЗДАНИЕ ИСПЫТАТЕЛЬНЫХ СТЕНДОВ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ ЭТАНОЛА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОЛНЕЧНЫХ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ В НАТУРНЫХ УСЛОВИЯХ

3.1 Испытательные стенды и методика проведения исследований

3.1.1 Оборудование испытательных стендов

Испытательный стенд содержит следующие устройства:

- фотоэлектрические преобразователи на основе кристаллического кремния в количестве 5 штук общей мощностью 1.25 кВт,
- аккумуляторные батареи с гелевым электролитом общей емкостью 500А*ч ,
- контроллер заряда аккумуляторных батарей,
- преобразователь постоянного тока АКБ в переменный мощностью 3 кВт,
- электрическую коммутационную систему, включающую кабельные соединения, отключающие и защитно- предохранительные устройства,
- систему измерений нестационарных электрических характеристик (напряжений и токов с регистрацией данных на компьютер- система « УРАН»),
- систему измерений нестационарных характеристик солнечной радиации,
- систему регулируемых электрических нагрузок.

Принципиальная блок- схема стенда приведена на рис. 3.1.

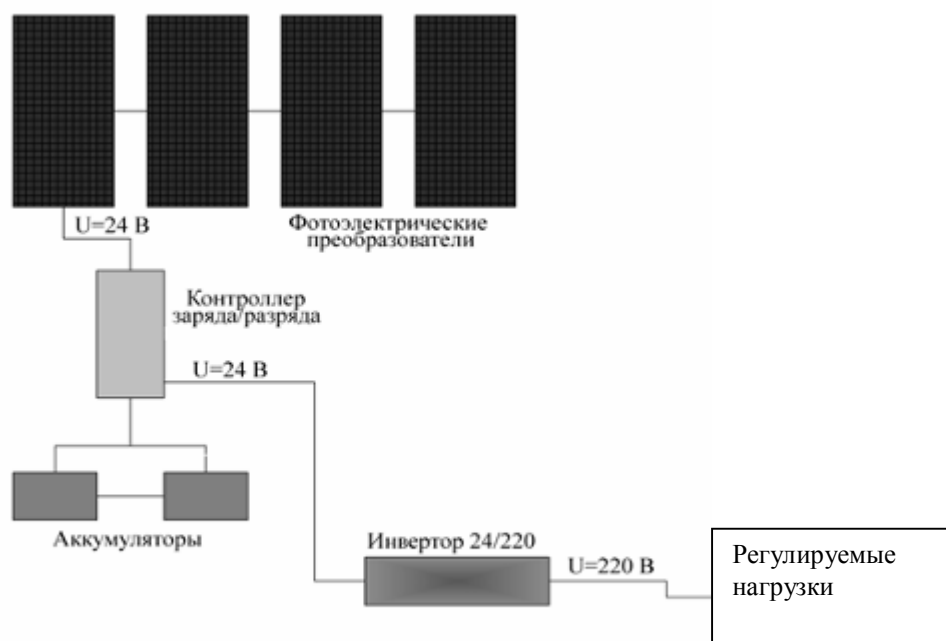


Рисунок 3.1 Принципиальная блок- схема стенда

На рисунке 3.2 приведена электрическая схема регистрации контролируемых параметров фотозлектрической станции.

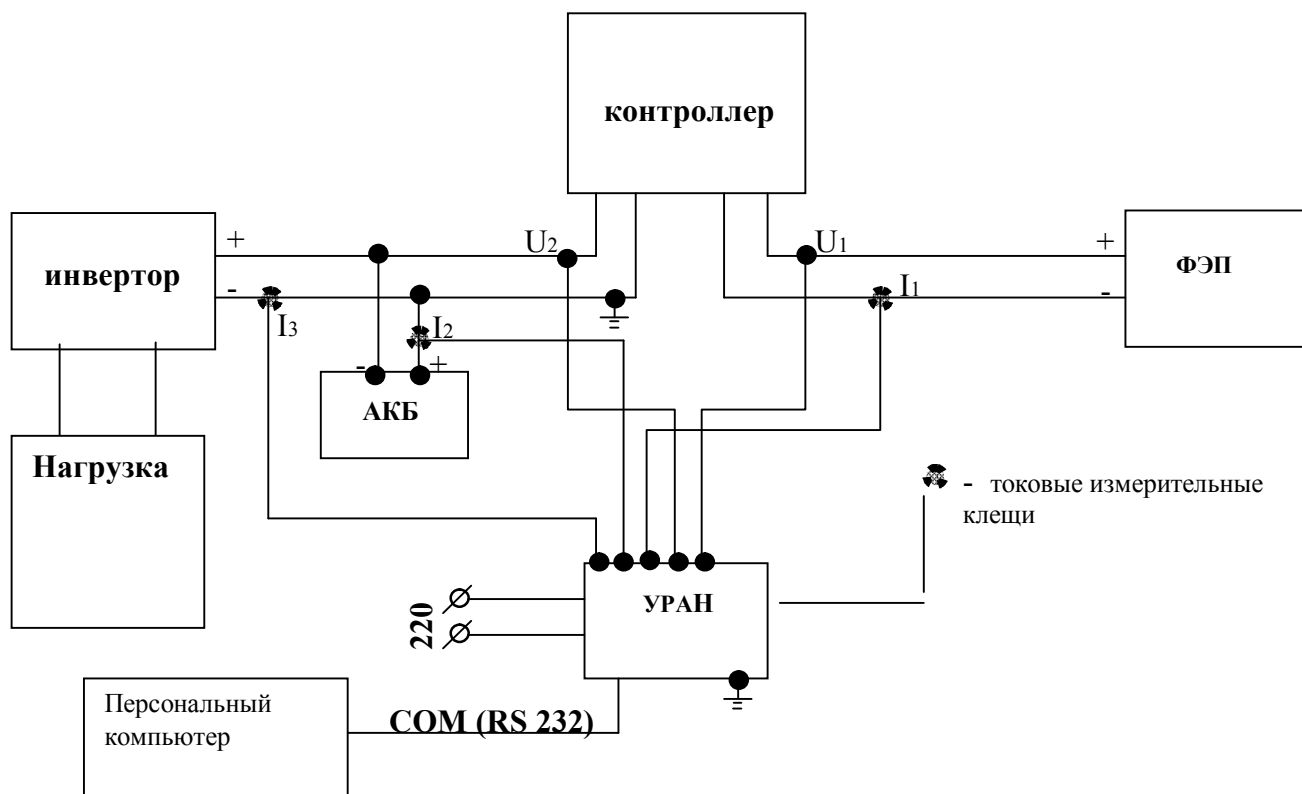


Рисунок 3. Принципиальная электрическая схема регистрации контролируемых параметров фотоэлектрической станции.

U_1 - выходное напряжение ФЭП

U_2 – напряжение выхода контроллера ФЭП

I_1 - ток в цепи включения ФЭП

I_2 - ток в цепи АКБ

I_3 - ток в цепи включения инвертора

В качестве нагрузок использовались системы электрического нагрева мощностью 0.1 до 1,0 кВт для систем дистилляции спиртосодержащих растворов.

На рисунках 3.3-3.6 приведены фрагменты монтажа и наладки элементов испытательного стенда.



Рисунок 3.3 Наладку многоканального измерительного комплекса «УРАН» выполняют аспирант Коржавин С.А. и студент Данилов В.Ю.



Рисунок 3.4 Программирование комплекса «УРАН» на ПЭВМ.

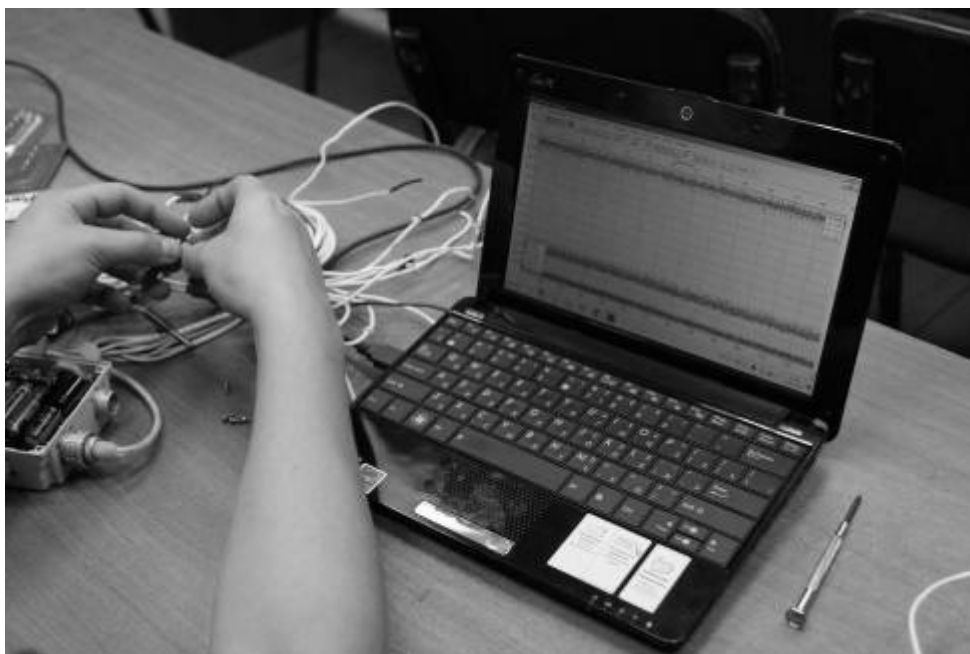


Рисунок 3.5 Наладка и тестирование программирование комплекса «УРАН».



Рисунок 3.6 Монтаж фотоэлектрических солнечных преобразователей выполняет студент Банных С.

3.1.2 Технико-экономические характеристики испытательного стенда

Таблица 3.1

Состав и цена оборудования

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за единицу,руб
Фотоэлектрический модуль RZMP-240-T	шт	5	30000
Аккумулятор Delta DTM12100	шт	4	8478
Инвертор «МАП-Энергия» 8,8 кВт	шт	1	47800
Распределительный шкаф	шт	1	2500
Кабель ВВГЗ*6	м	40	76,07
Кабель ВВГЗ*1,5	м	80	21,18
Контроллер	шт	1	30000

Полная стоимость ФЭС:

$C_{фэс} = C_{фэп} + C_{акб} + C_{инв} + C_{сконтр} + C_{скаб} + C_{щит} = 367.749 \text{ руб}$

В табл. 3.2 приведены характеристики дополнительного оборудования, использовавшегося в исследованиях.

Таблица 3.2

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за единицу,руб
Метеостанция	шт	2	65000
Измерительный комплекс «Уран»	шт	1	35000
Персональный компьютер	шт	1	28000
Счетчик электрической энергии	шт	1	1500
Реле управления нагрузками	м	1	1

Полная стоимость дополнительного оборудования:

$C_{доп} = 195.500 \text{ руб.}$

Полная стоимость испытательного стенда:

$C_{стенда} = C_{фэс} + C_{доп} = 563.249 \text{ руб.}$

3.1.3. Методика проведения исследований

Цель исследований состояла в определении объемов и темпов поступления электрической энергии от испытательного стенда при работе фотоэлектрических преобразователей в натуральных условиях солнечной инсоляции характерных для Уральского региона. Т.к. испытания имели долговременный характер и проводились в круглосуточном режиме все операции по сбору и сохранению информации были автоматизированы. В ручном режиме осуществлялась подготовка стенда и испытаниям, переключение полезных нагрузок и считывание информации для последующего анализа.

Подготовка стенда к испытаниям.

9. При отключенных солнечных панелях (ФЭП) произвести подключение элементов технологической схемы стенда (АКБ, контроллер, инвертор).
2. Путем секционного включения поэтапно подключить к схеме все секции солнечных панелей. При помощи штатных измерительных средств контроллера и инвертора убедиться в правильности сборки и работоспособности схемы стенда. Отключить секции ФЭП и инвертор.
3. Произвести подключение измерительных преобразователей системы «УРАН» для регистрации токов и напряжений (по схеме рис. 3.2). Подключить систему «УРАН» к ПЭВМ. Убедиться в работоспособности измерительной схемы (наличии сигналов по всем каналам, отсутствии наводок и пр.)

Методика испытаний.

1. Осуществить секционное включение секции солнечных панелей.
2. Произвести измерение характеристик в режиме холостого хода стенда при помощи системы автоматического измерения «УРАН» с регистрацией результатов измерений в памяти компьютера в течении суточного периода.
3. Осуществить подключение 1-ой секции электрической нагрузки. Произвести измерение характеристик в режиме нагружения стенда при помощи системы автоматического измерения «УРАН» с регистрацией результатов измерений в памяти компьютера в течении заданного периода времени.

Продолжительность измерительного цикла определялась временем достижения заданного уровня зарядки АКБ при соответствующей мощности нагрузки.

4. После завершения опыта отключить нагрузку и произвести кратковременное измерение параметров в режиме холостого хода (10-15 мин).

5. Изменить уровень полезной нагрузки путем включения (выключения) дополнительных элементов нагрузки и повторить операций 1-4.

Завершение испытаний.

1. Осуществить секционное отключение нагрузок.
2. Осуществить секционное отключение секции солнечных панелей.
3. Сохранить результаты измерений в специальном файле ПЭВМ, памяти системы «УРАН» или на съемный носитель.
4. Отключить инвертор, измерительные преобразователи, систему «УРАН», ПЭВМ.

3.2 Результаты исследований

3.2.1 Исследование интенсивности приходов солнечной радиации.

На рис.3.7 представлен многолетний график измерений интенсивности прихода солнечной радиации в условиях Уральского Регина, полученный в результате натурных измерений .

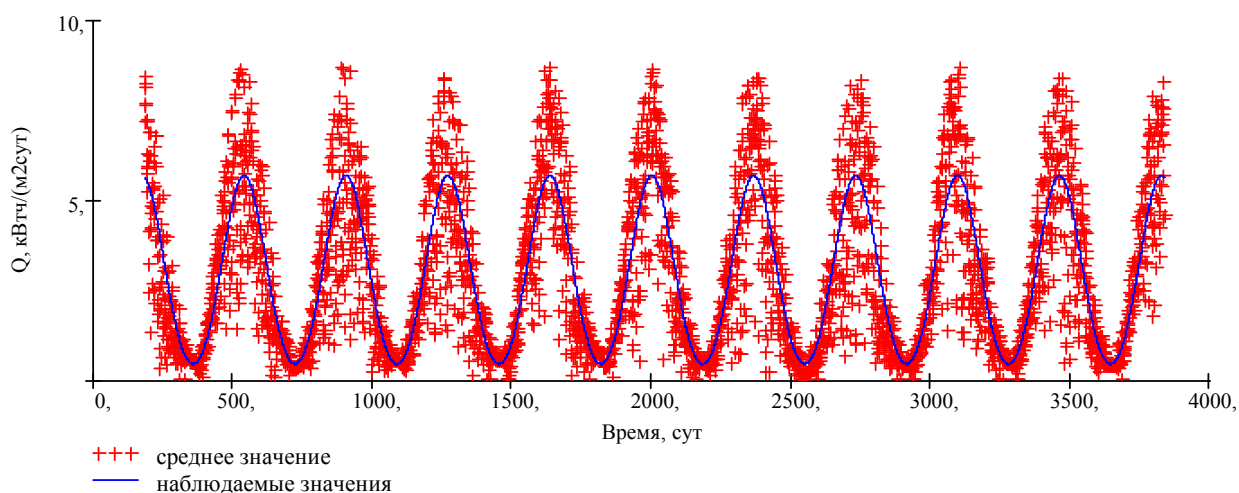


Рисунок 3.7 Многолетний график изменения приходов солнечной радиации в Уральском регионе.

Анализ графика показывает наличие существенного сезонного изменения приходов, достигающее 10-ти и более раз. Указанный факт подтверждает необходимость создания систем эффективной аккумуляции энергии в периоды ее максимального прихода.

На рисунках 3.8- 3.13 приведены характерные данные по приходам солнечной радиации на поверхность ФЭП по данным автоматической метеостанции.

Анализ данных по приходам показывает наличие выраженной суточной неравномерности прихода энергии и целесообразность накопления ее в зоне максимума с равномерным использованием в течение требуемого периода времени.

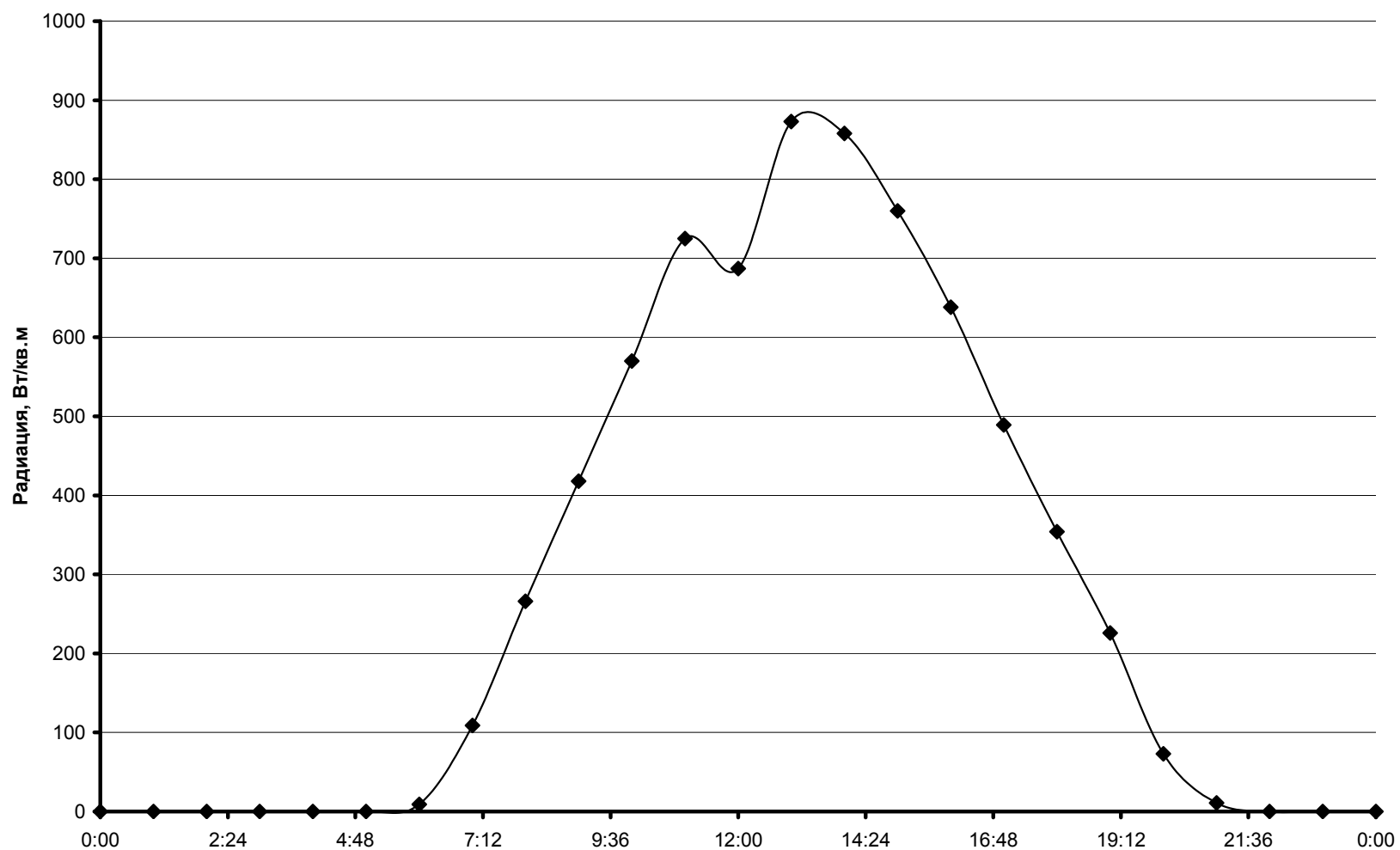


Рисунок 3.8 Интенсивность солнечной радиации на поверхности ФЭП. (для испытаний с АКБ)

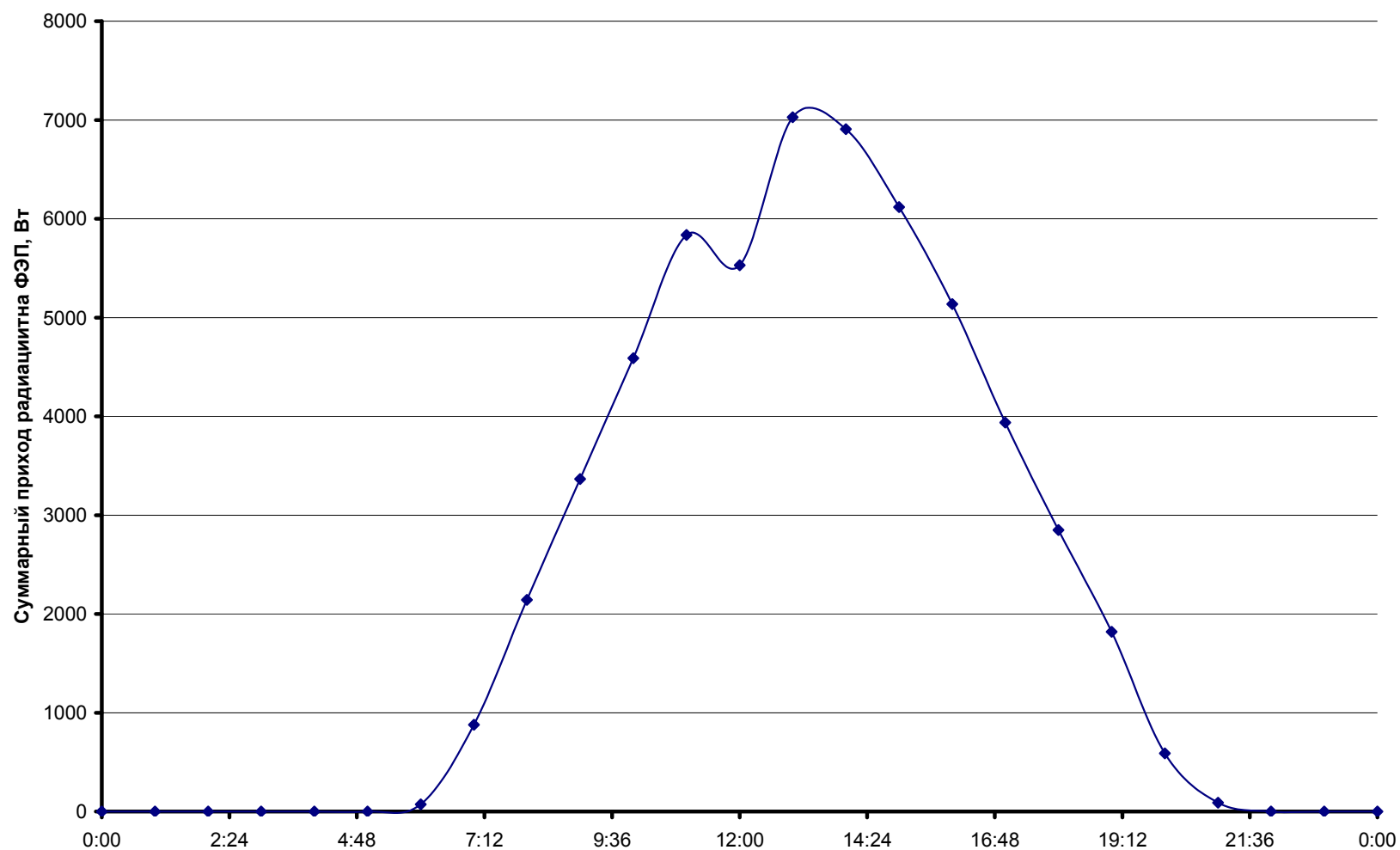


Рисунок 3.9 Суммарный приход солнечной радиации на поверхности ФЭП. (для испытаний с АКБ)

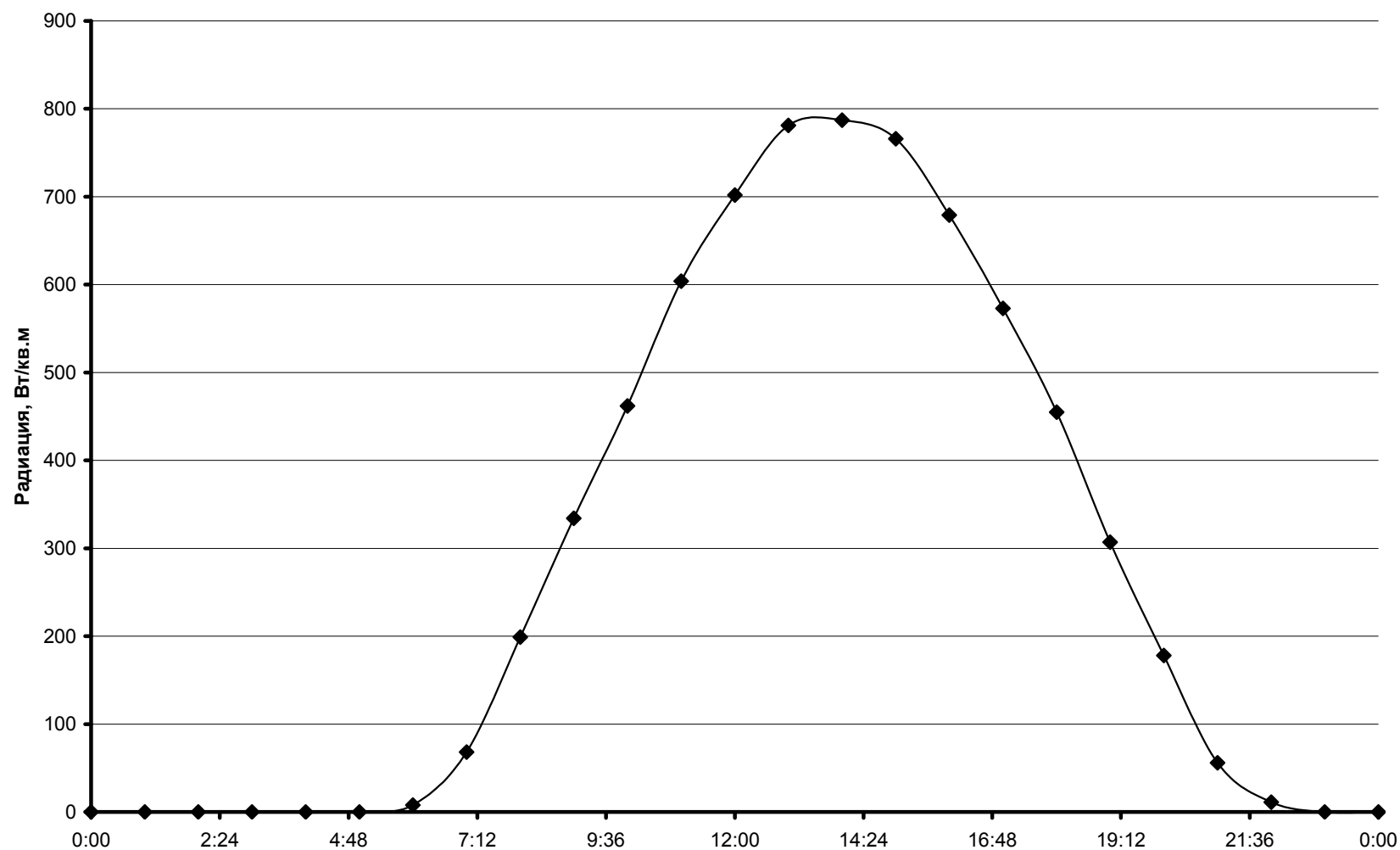


Рисунок 3.10 Интенсивность солнечной радиации на поверхности ФЭП. (для испытаний с нагрузкой 0.3 кВт)

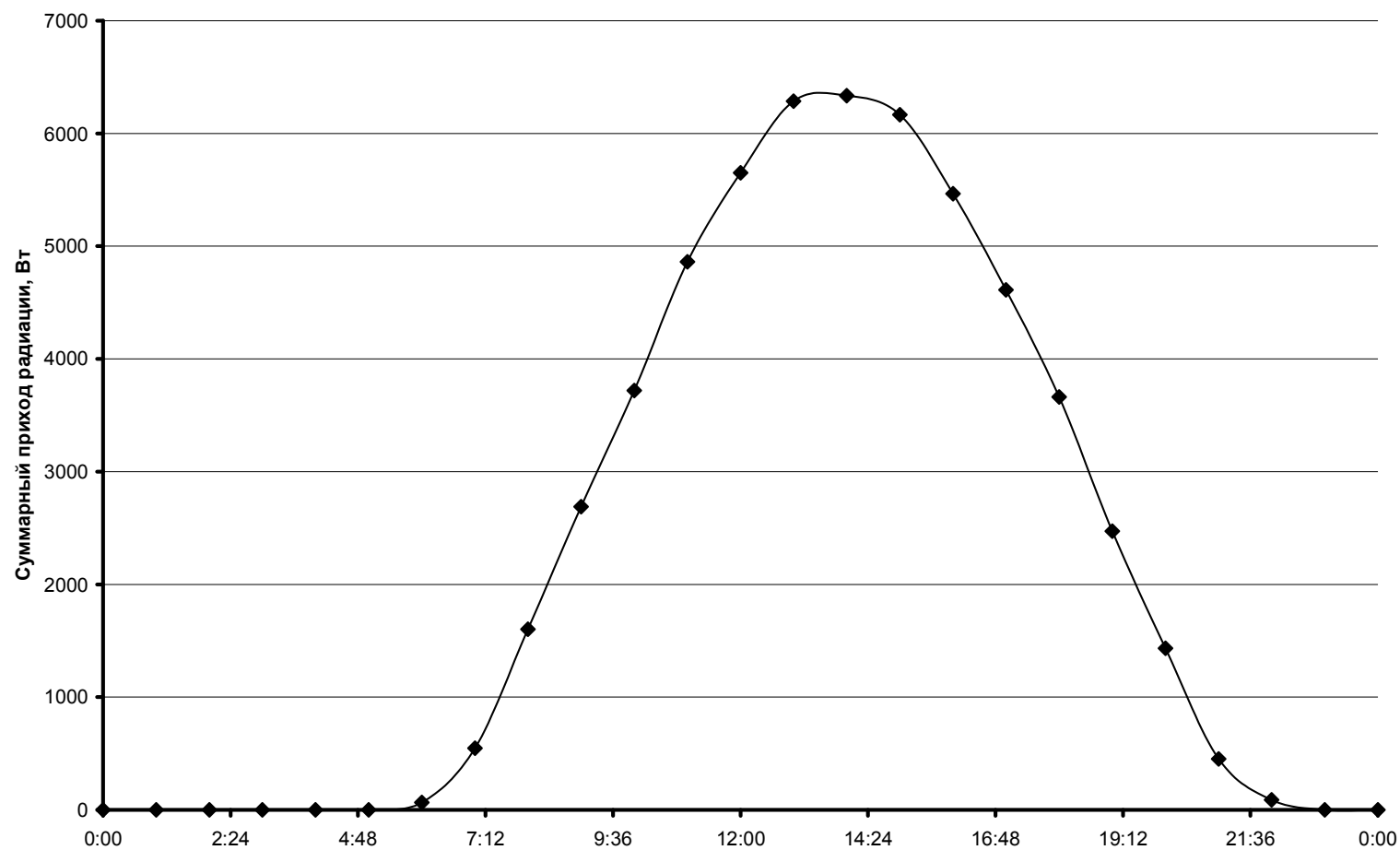


Рисунок 3.11 Суммарный приход солнечной радиации на поверхности ФЭП. (для испытаний с нагрузкой 0.3 кВт)

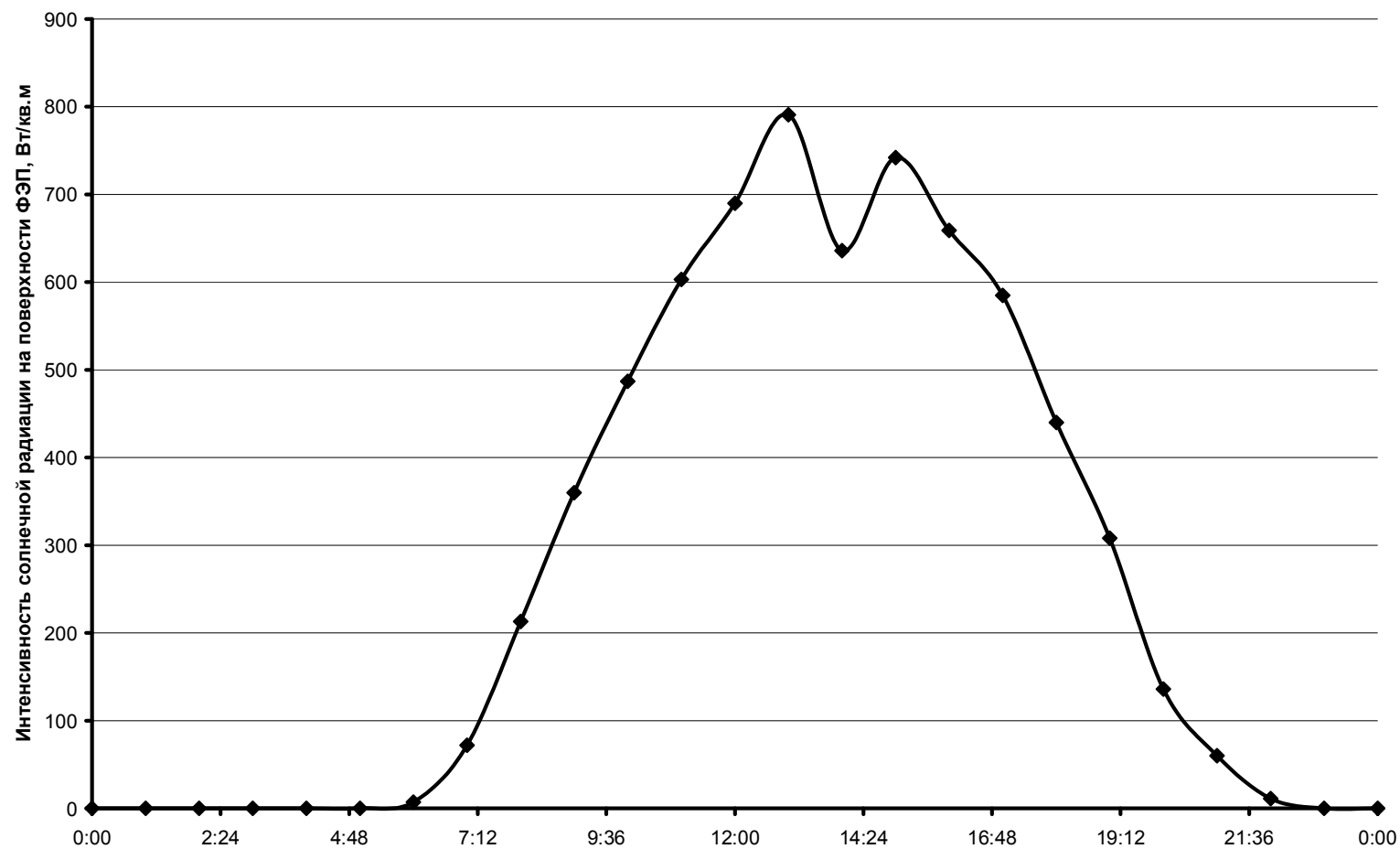


Рисунок 3.12 Интенсивность солнечной радиации на поверхности ФЭП. (для испытаний с нагрузкой 0.7 кВт)

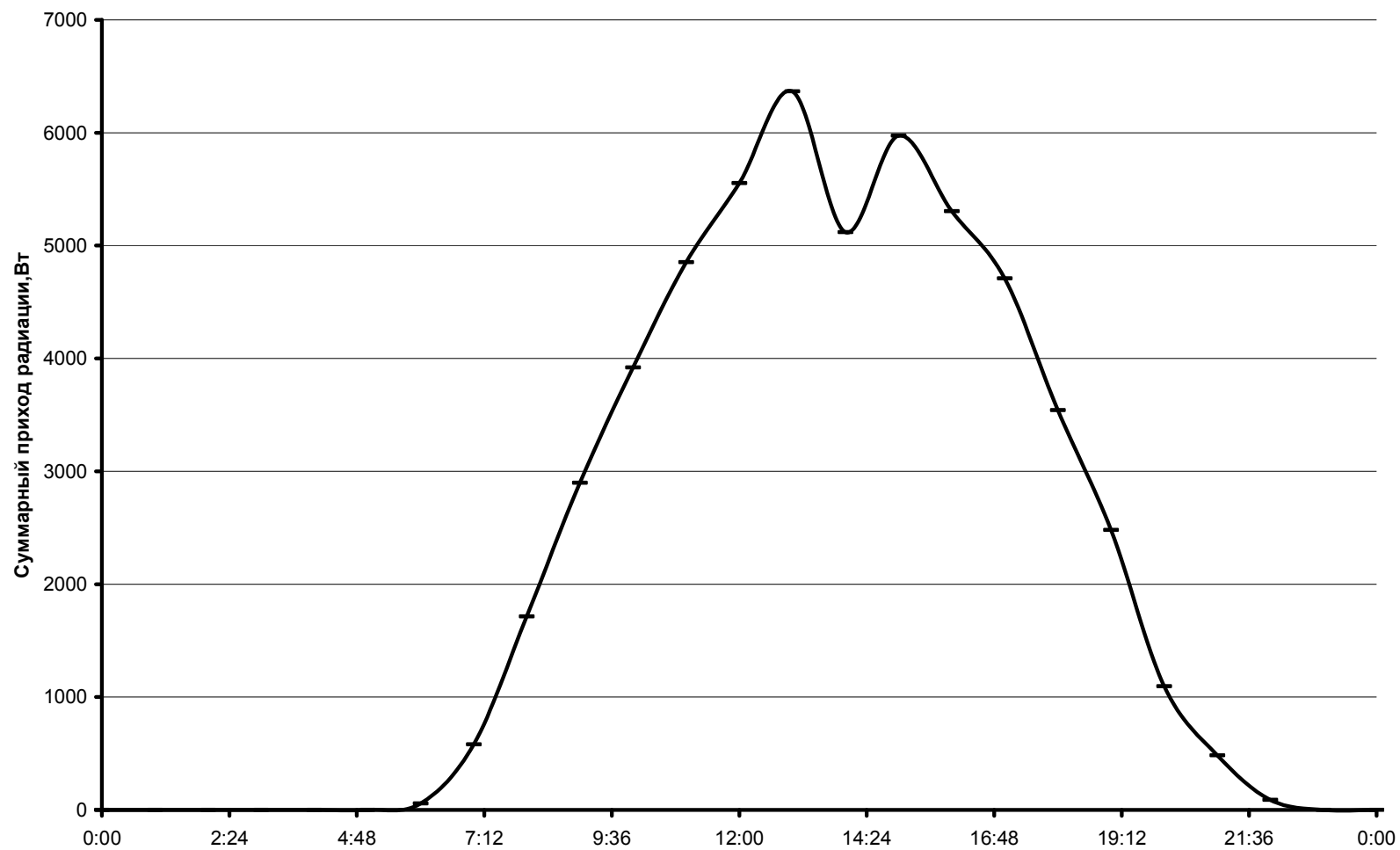


Рисунок 3.13 Суммарный приход солнечной радиации на поверхности ФЭП. (для испытаний с нагрузкой 0.7 кВт)

3.2.2. Результаты экспериментальных испытаний

С целью проверки работоспособности созданного стенда были выполнены натурные испытания энергетической эффективности и надежности установки.

Ниже приводятся данные по исследованию характеристик стенда при разных схемах нагружения. Целью исследований является определение суточного объема производства кондиционной электрической энергии и определения достаточности ее для обеспечения технологического процесса производства топливного этанола.

Работа стенда в режиме зарядки АКБ.

В данном режиме полезной нагрузкой являлись аккумуляторные накопители, входящие в структуру стенда. Потребление энергии происходило для компенсации саморазряда АКБ и имело минимальный характер.

Данные исследований приведены на рис.3.14- 3-17.

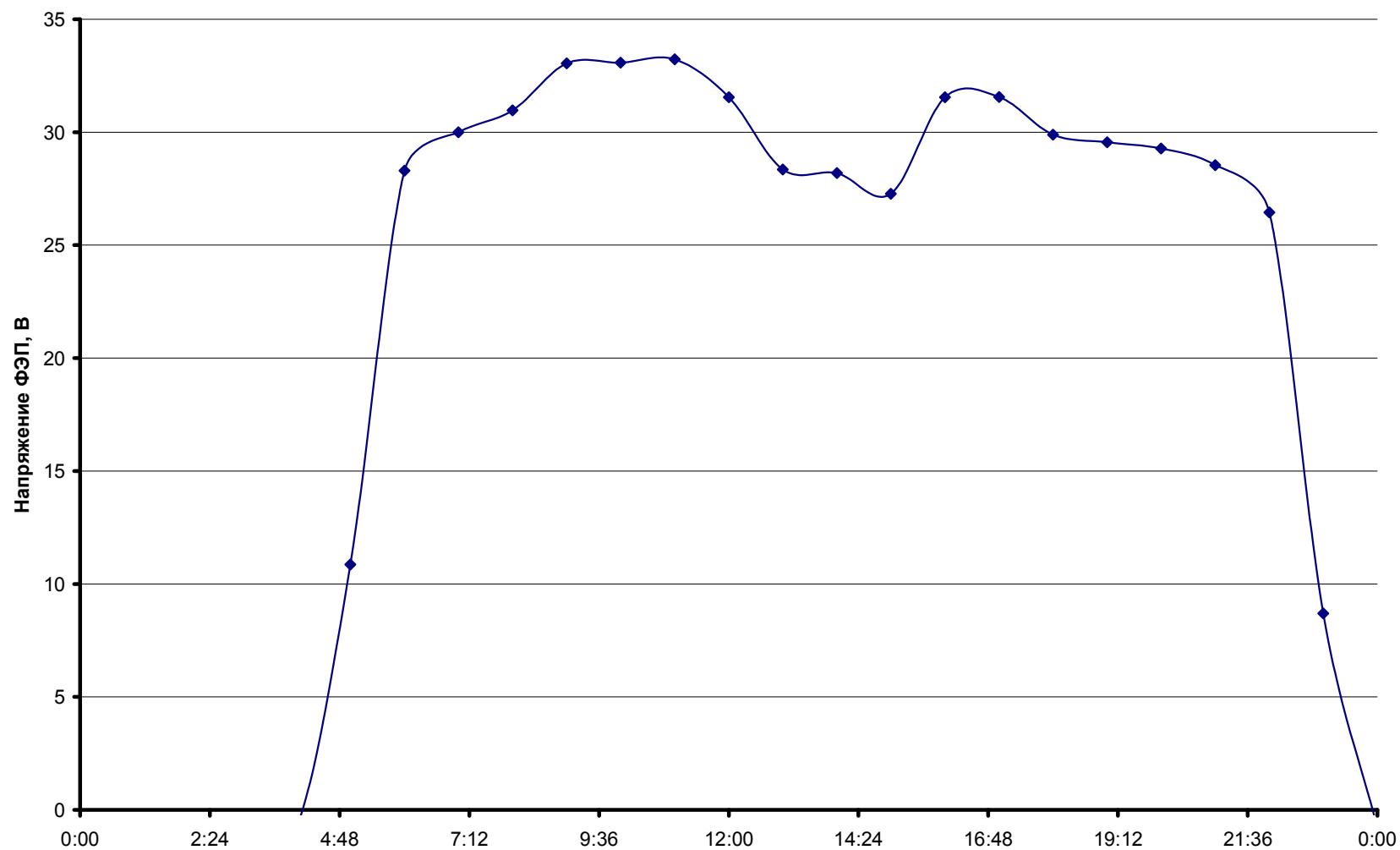


Рисунок 3.14 Выходное напряжение ФЭП.

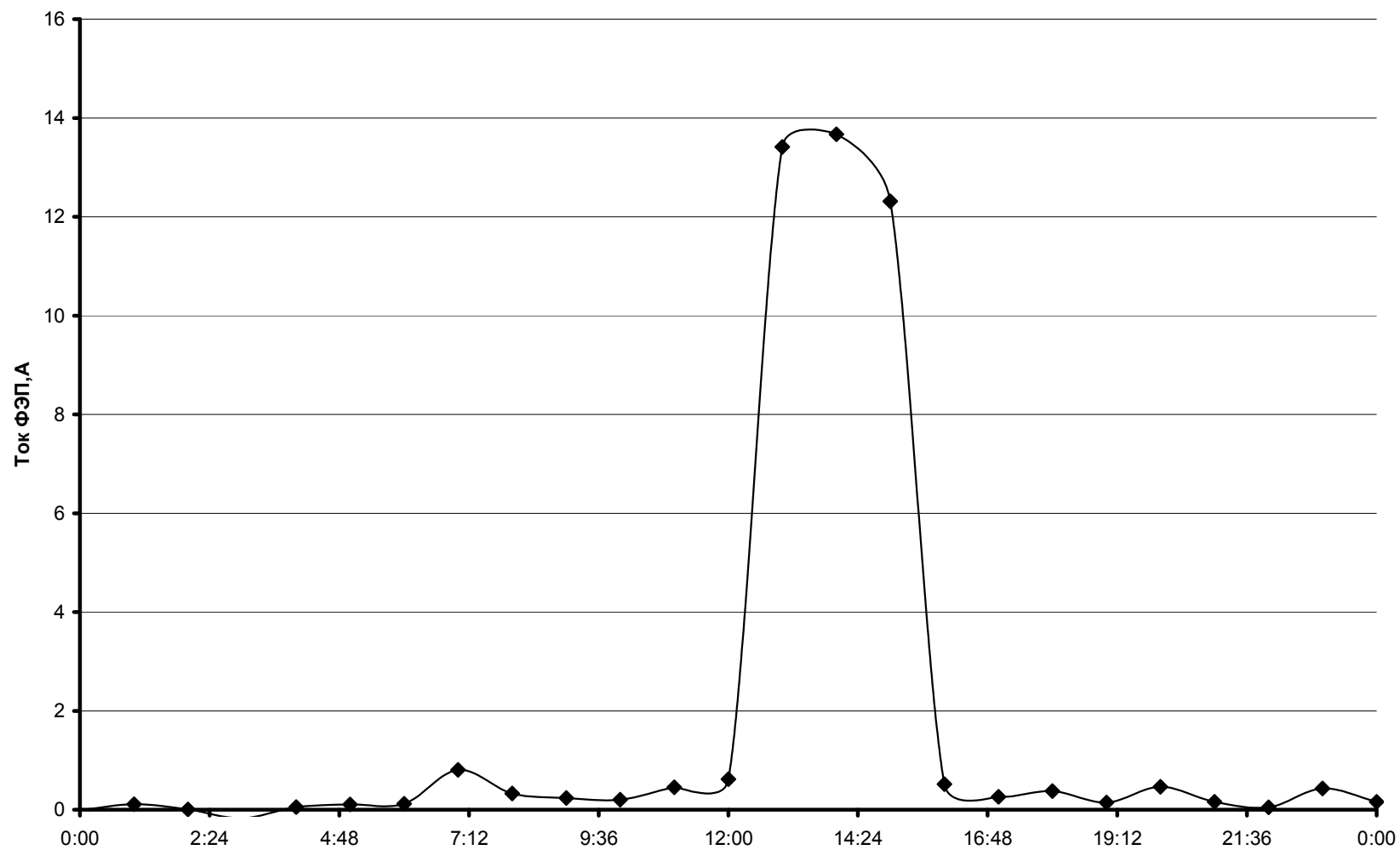


Рисунок 3.15 Ток в цепи включения ФЭП.

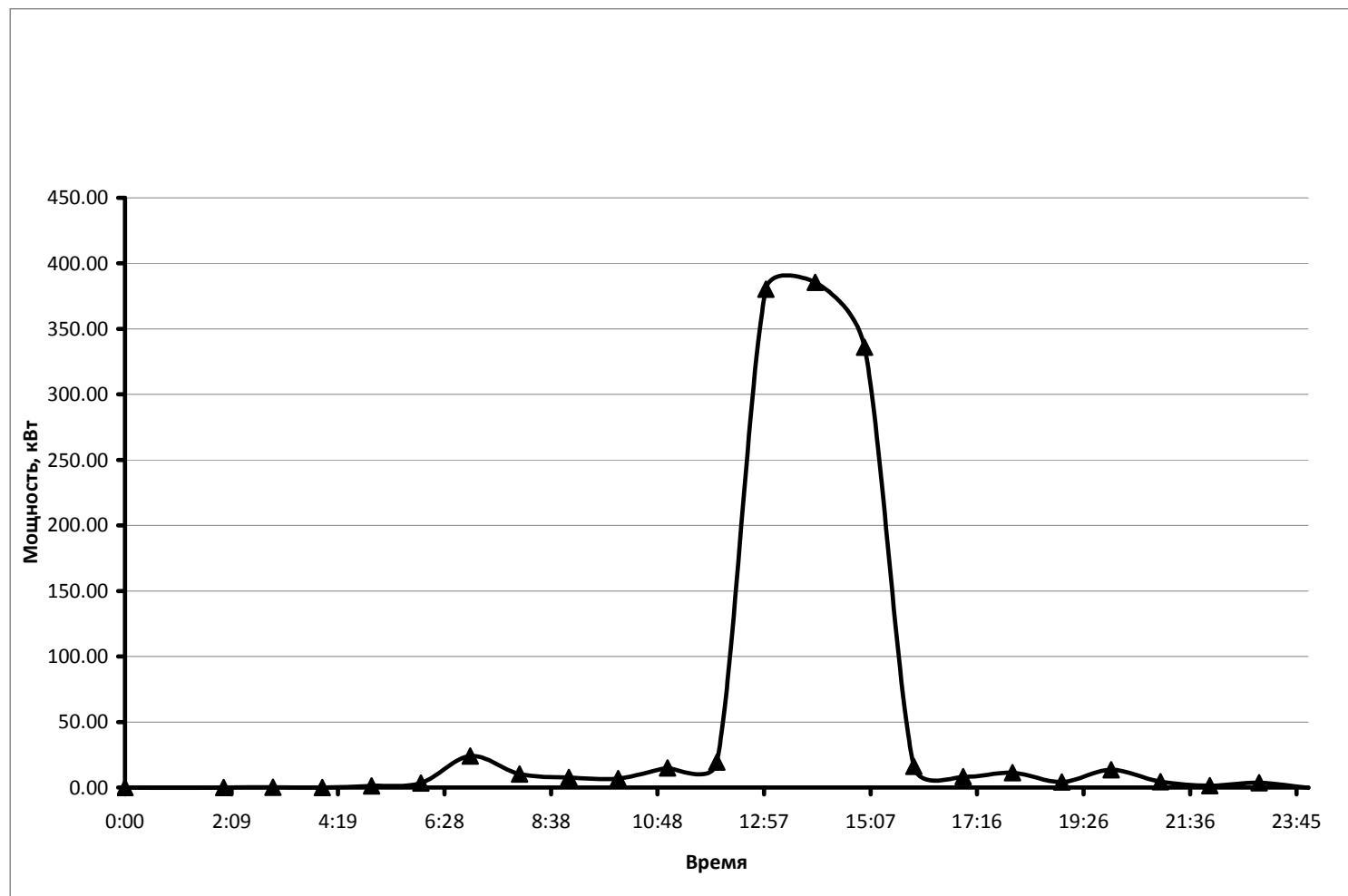


Рисунок 3.16 Выходная мощность ФЭП.

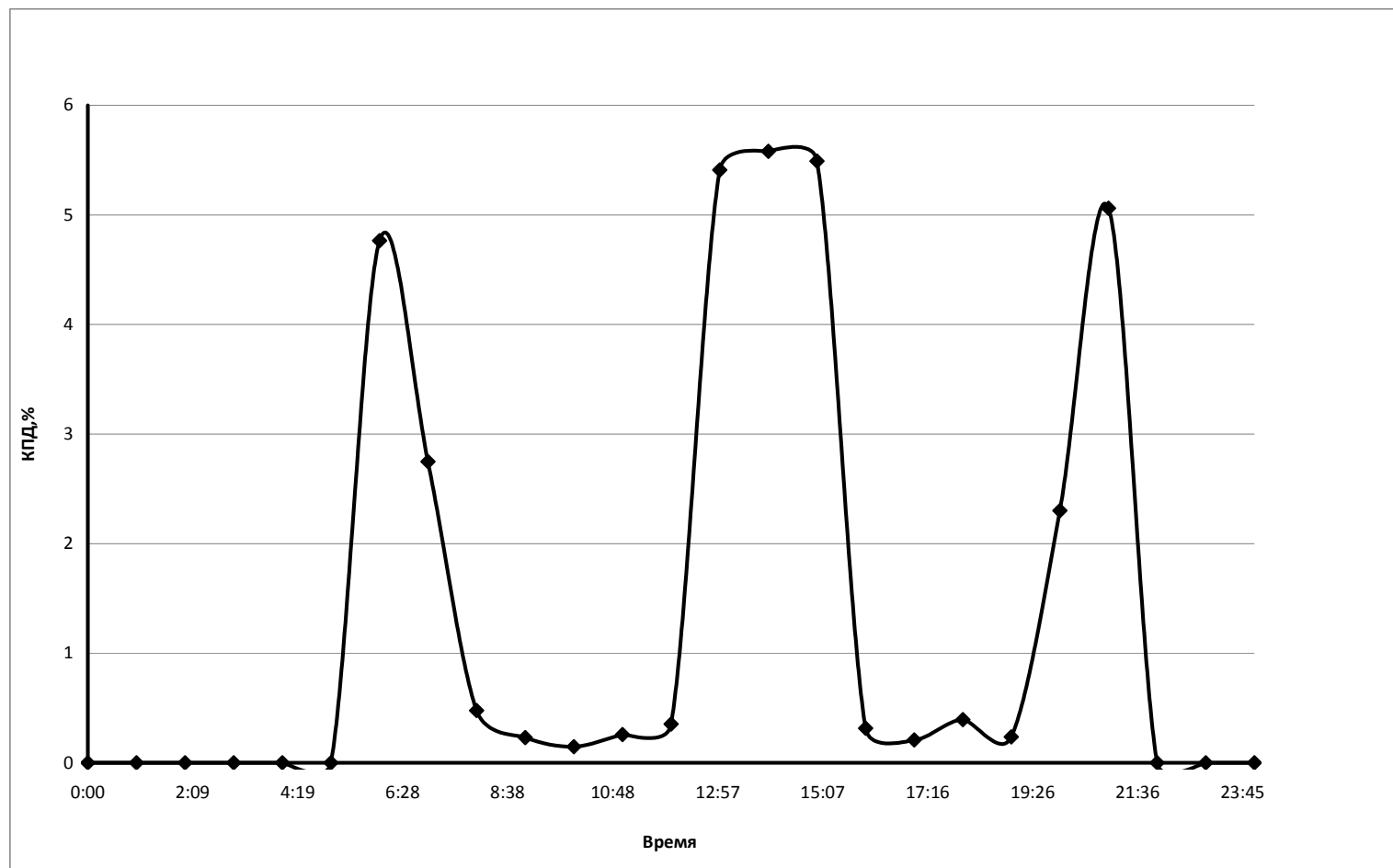


Рисунок 3.17 Суточное изменение эффективного КПД ФЭП.Итоговые данные исследований режима:

Приход солнечной радиации на поверхность ФЭП за сутки- 56,8 кВт*ч,

Выработка энергии ФЭП (заряд АКБ) - 1,3 кВт*ч,

ГК № 02.740.11.0064

Работа стенда в режиме нагрузки 0.3 кВт.

В данном режиме полезной нагрузкой являлись аккумуляторные накопители, входящие в структуру стенда и дополнительные активные нагрузки. Потребление энергии происходило для компенсации саморазряда АКБ, компенсации потерь в элементах электронного преобразования напряжения (контроллер АКБ и инвертор) и обеспечения полезной нагрузки 0.3 кВт.

Данные исследований приведены на рис.3.18- 3.22.

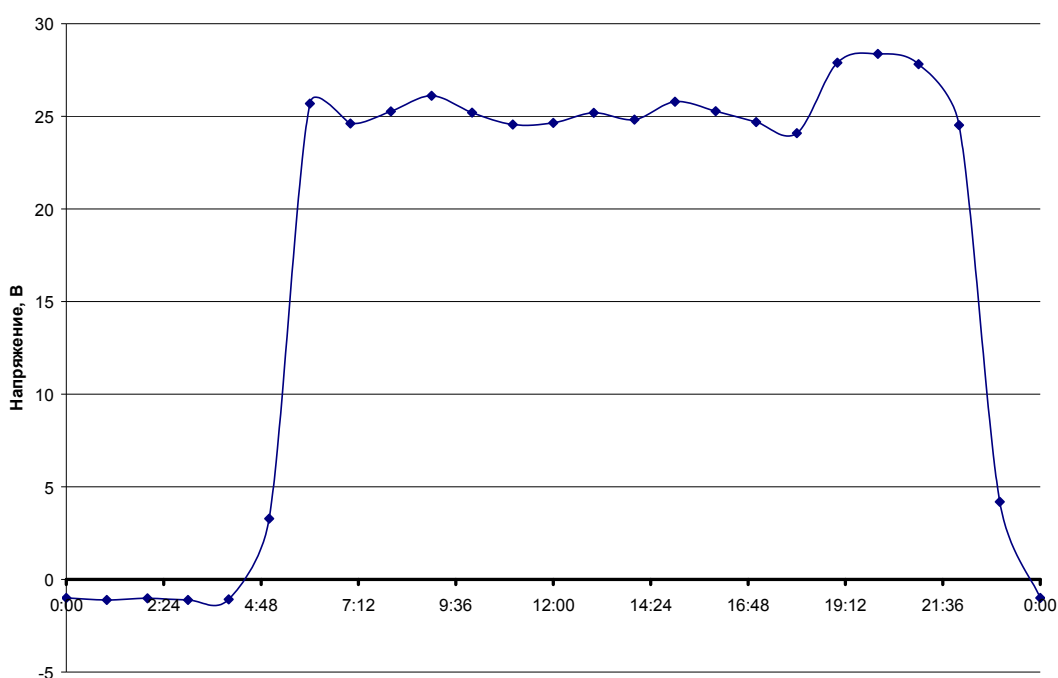


Рисунок 3.18 Выходное напряжение ФЭП.

Практически соответствует характеру изменения напряжения при минимальном нагружении, однако полностью отсутствует в ночной период.

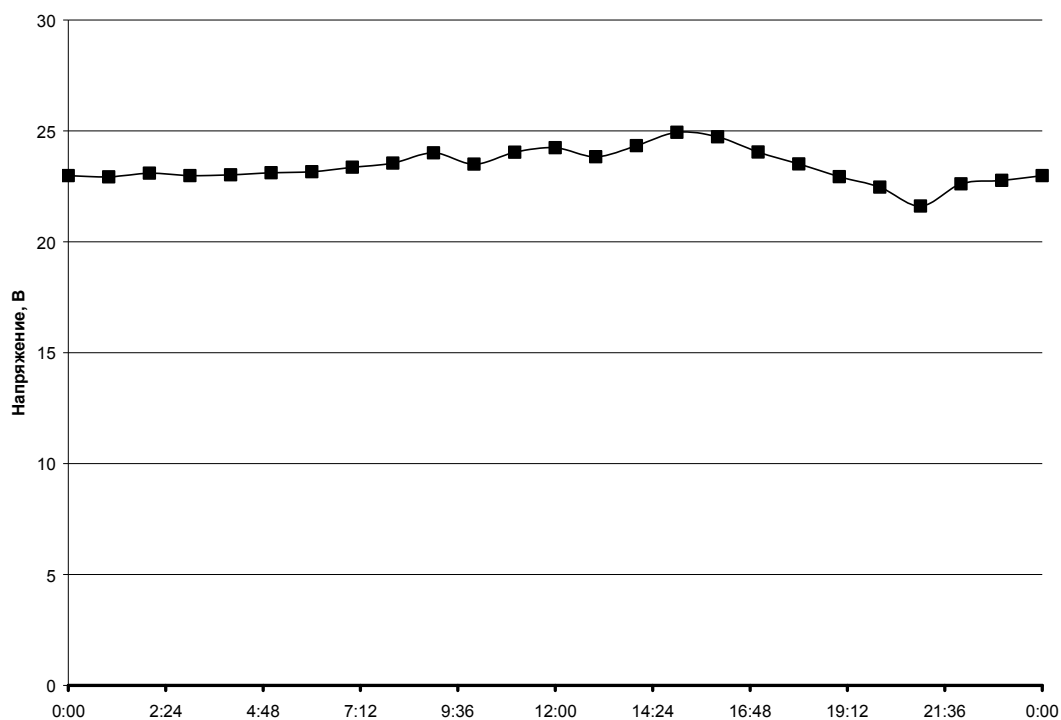


Рисунок 3.19 Выходное напряжение контроллера ФЭП.

Контроллер обеспечивает поддержание устойчивого уровня выходного напряжения за счет использования в ночные часы энергии АКБ станда.

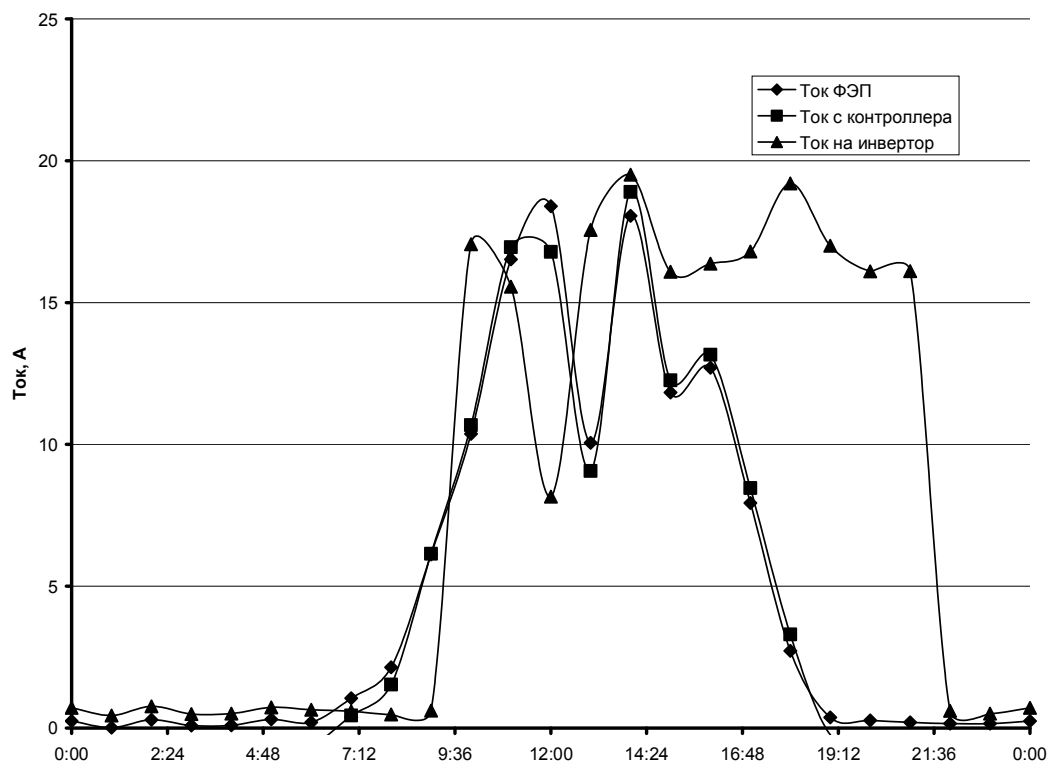


Рисунок 3.20 Ток в цепях включения элементов станда.

Работа контроллера и АКБ синхронизируют процессы выработки тока ФЭП и выдачи его в цепь АКБ, обеспечивает поддержание тока в цепи инвертора в течение длительного времени (более 12 час).

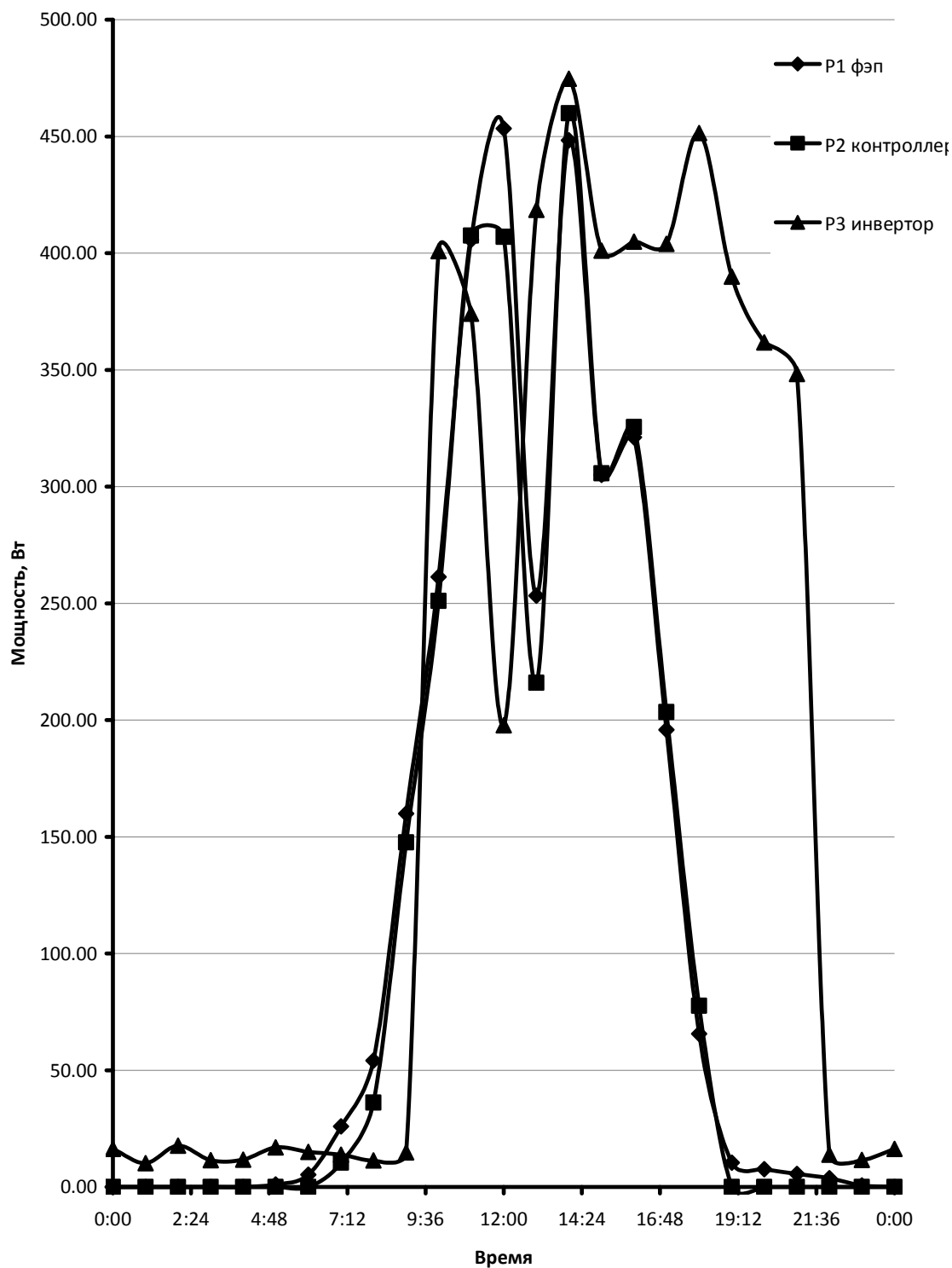


Рисунок 3.21 Выходная мощность, измеренная в элементах стенда.

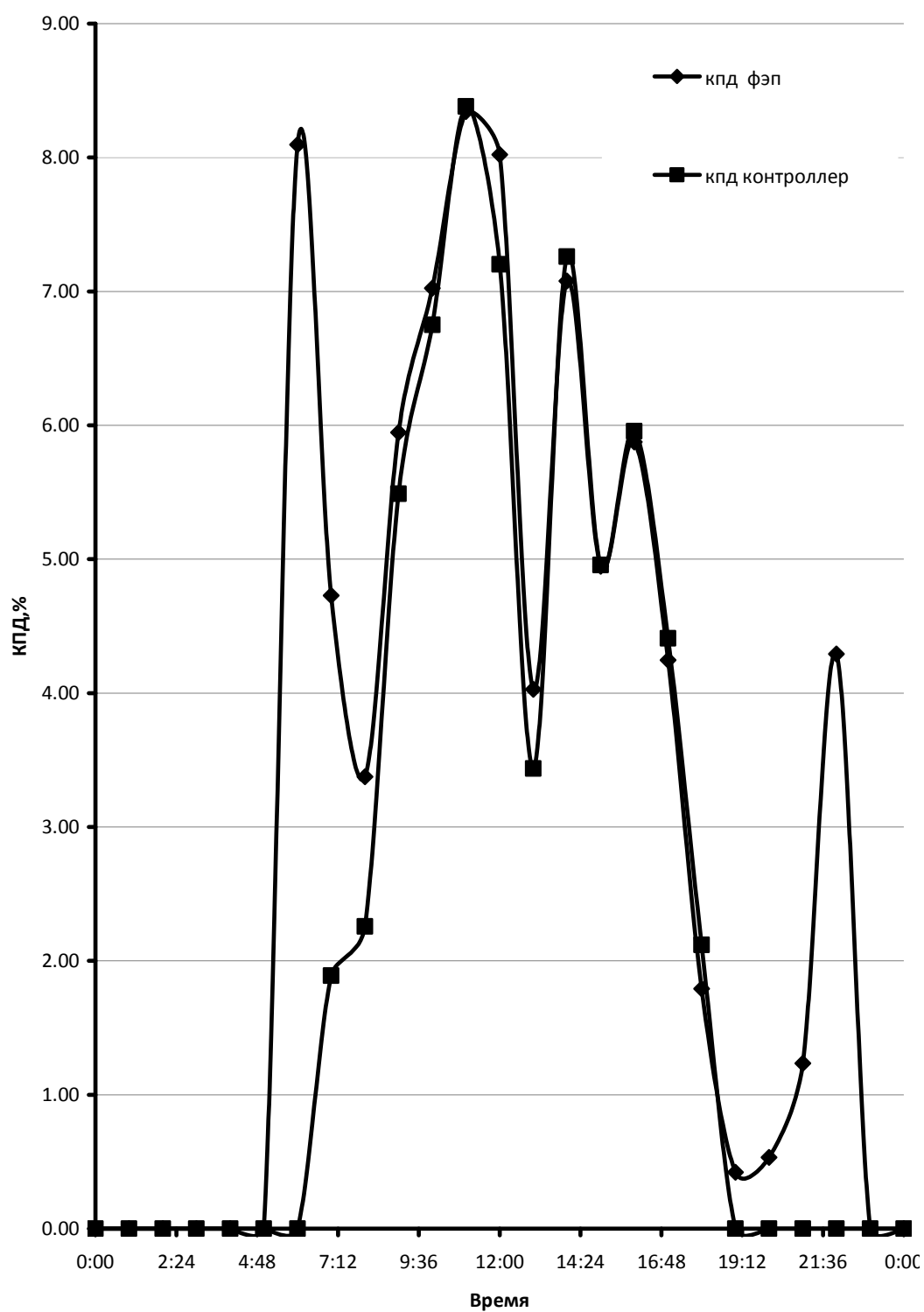


Рисунок 3.22 Суточное изменение эффективного КПД элементов стенда.

Из графика следует, присутствие в схеме стенда контроллера снижает КПД в периоды времени, соответствующие очень низким уровням малым приходам солнечной радиации .
В дневные часы влияние контроллера на снижение уровня КПД составляет менее 0.1% .

Итоговые данные исследований режима:

Приход солнечной радиации на поверхность ФЭП за сутки- 56 кВт*ч,

Выработка энергии ФЭП - 2,9 кВт*ч,

Выработка энергии стендом (без АКБ) -2,85 кВт*ч,

Выработка энергии стендом (с АКБ) -4,8 кВт*ч.

Работа стенда в режиме нагрузки 0.7 кВт.

В данном режиме полезной нагрузкой являлись аккумуляторные накопители, входящие в структуру стенда и дополнительные активные нагрузки. Потребление энергии происходило для компенсации саморазряда АКБ, компенсации потерь в элементах электронного преобразования напряжения (контроллер АКБ и инвертор) и обеспечения полезной нагрузки 0.3 кВт.

Данные исследований приведены на рис.3.23- 3.27.

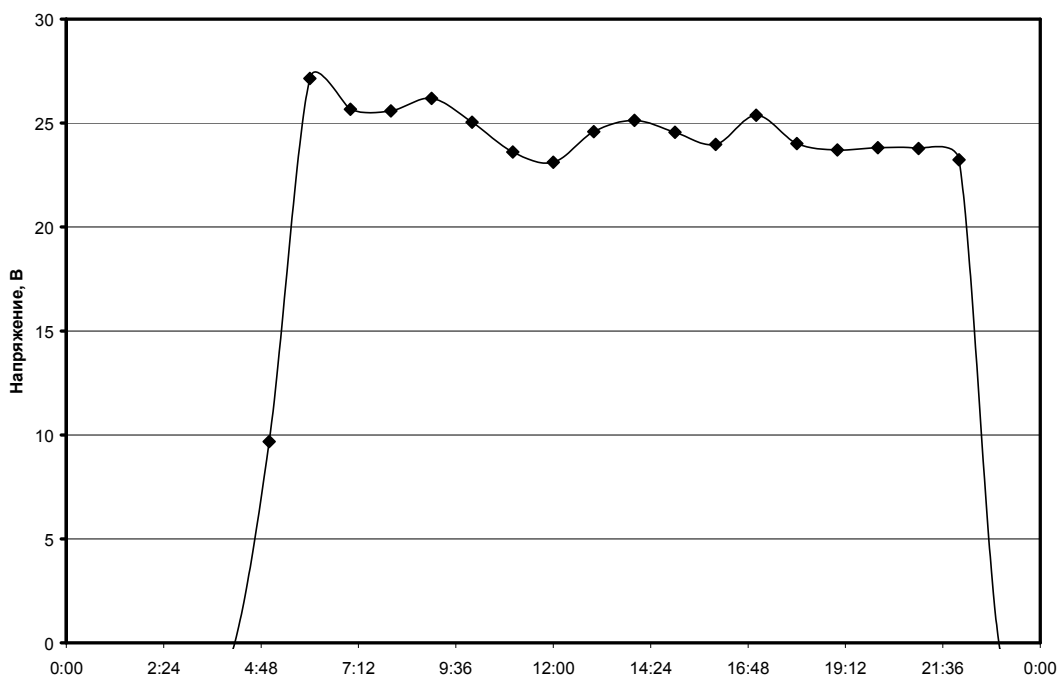


Рисунок 3.23 Выходное напряжение ФЭП.

Практически соответствует характеру изменения напряжения при минимальном нагружении, однако полностью отсутствует в ночной период .

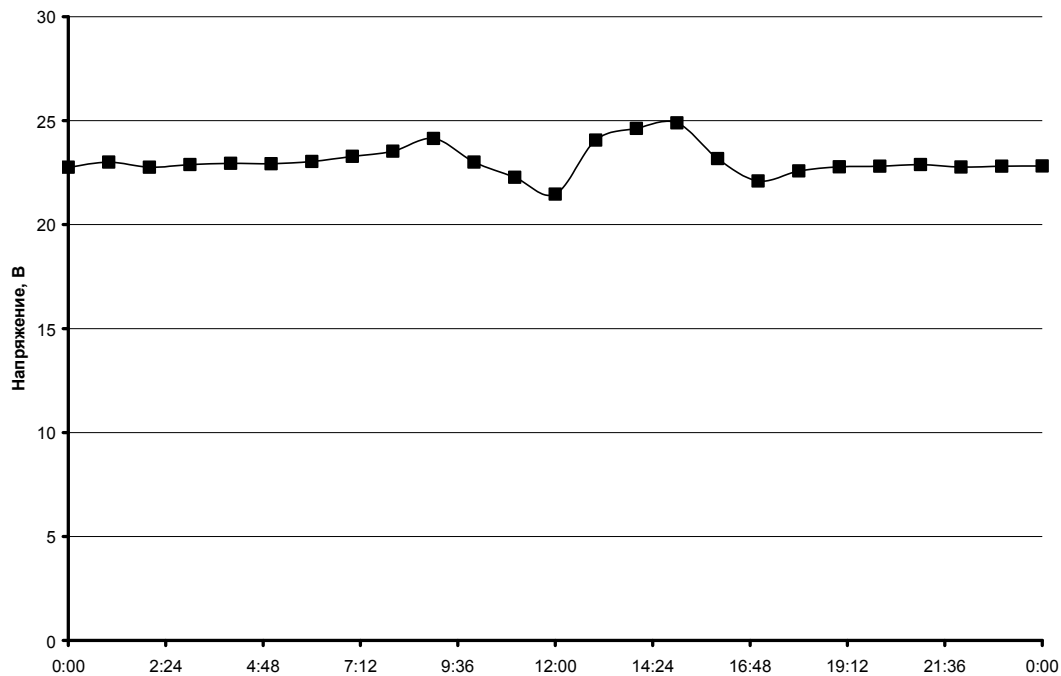


Рисунок 3.24 Выходное напряжение контроллера ФЭП.

Контроллер обеспечивает поддержание устойчивого уровня выходного напряжения за счет использования в ночные часы энергии АКБ стенда.

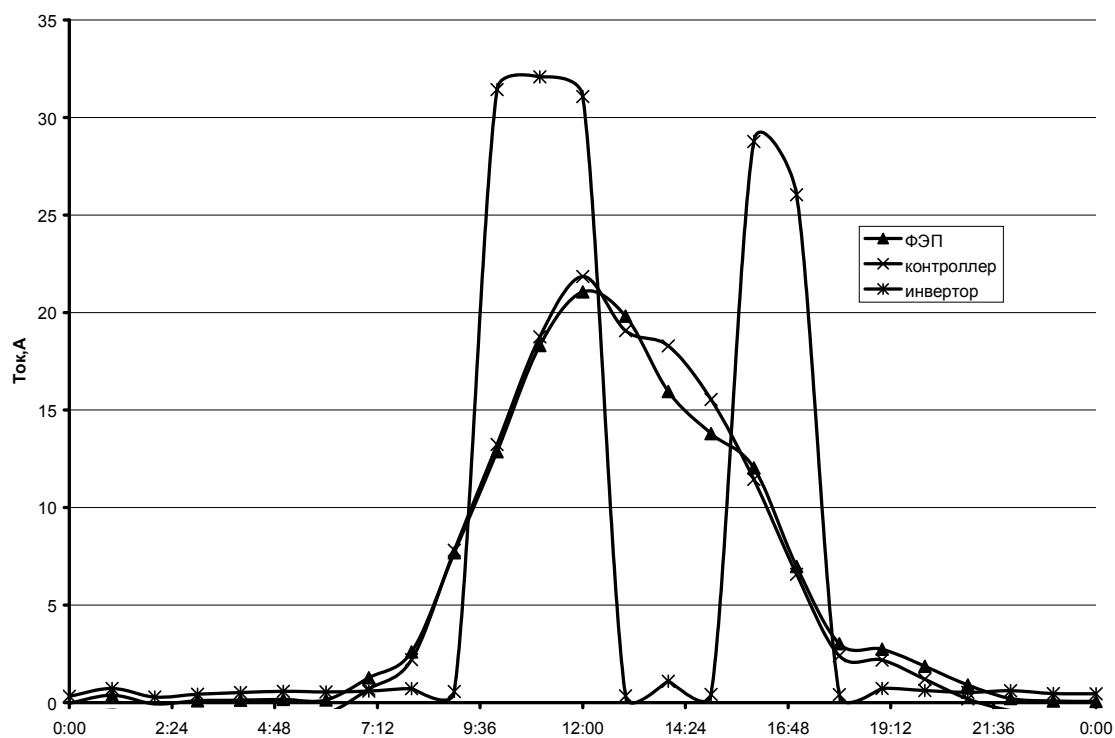


Рисунок 3.25 Ток в цепях включения элементов стенда.

Работа контроллера и АКБ синхронизируют процессы выработки тока ФЭП и выдачи его в цепь АКБ, в тоже время запаса энергии недостаточно для непрерывной выдачи мощности, что сокращает время питания нагрузки.

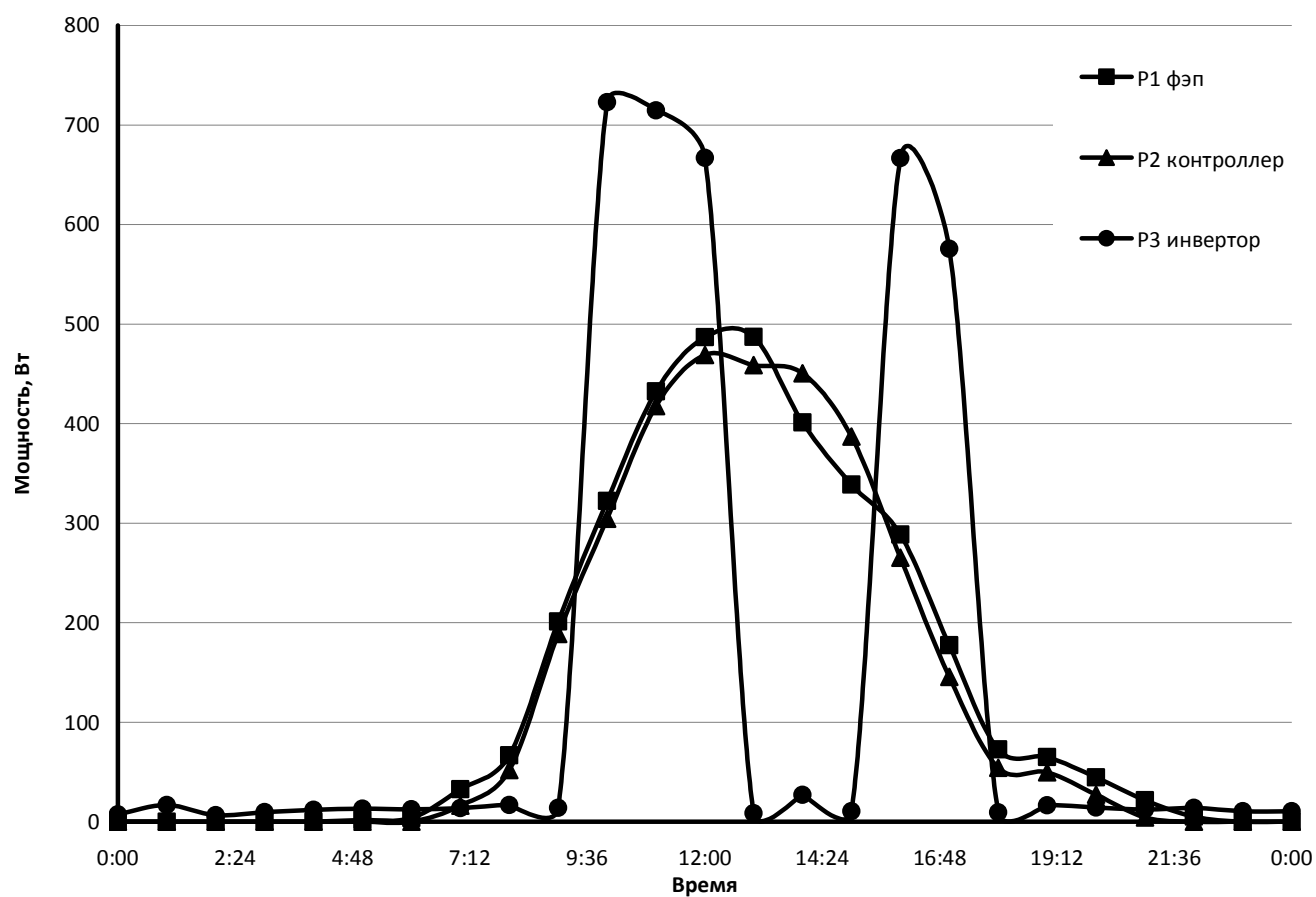


Рисунок 3.26 Выходная мощность, измеренная в элементах стенда.

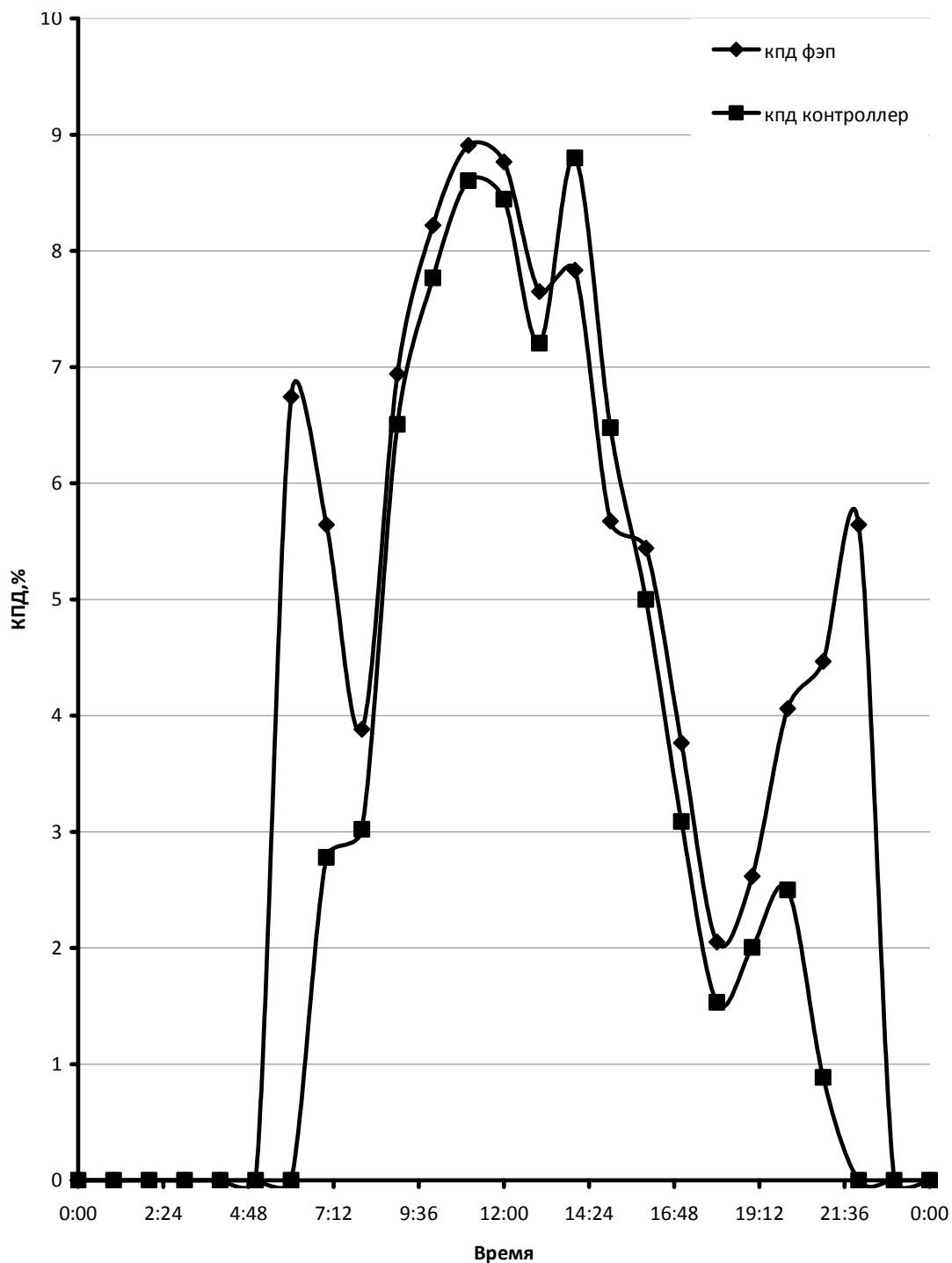


Рисунок 3.27 Суточное изменение эффективного КПД элементов стенда.

Из графика следует, присутствие в схеме стенда контроллера снижает КПД в периоды времени, соответствующие очень низким уровням малым приходам солнечной радиации . В дневные часы влияние контроллера на снижение уровня КПД составляет менее 0.15% .

Итоговые данные исследований режима:

Приход солнечной радиации на поверхность ФЭП за сутки- 54,7 кВт*ч,

Выработка энергии ФЭП – 3,5 кВт*ч,

Выработка энергии стендом (без АКБ) – 3,3 кВт*ч,

Выработка энергии стендом (с АКБ) – 3,6 кВт*ч

Выводы

1. Разработанная конструкция испытательного стенда показала высокую надежность при непрерывной работе в течение длительного периода (более 1,5 лет).
2. Полученные данные подтверждают возможность производства, требуемого для обеспечения технологии получения топливного этанола, объема энергии.
3. Экспериментально подтверждено, что компенсация суточных изменений прихода солнечной энергии и неравномерности суточного потребления может быть осуществлена с использованием буферных электрохимических источников (АКБ).
4. Определены потери энергии в элементах испытательного стенда. Показано, что наибольшие потери имеют место в системах инвертирования (до 15%). Данное обстоятельство требует увеличение мощности установки и приводит к повышению ее стоимости. Альтернативным решением является использование потребителей постоянного тока, что сопровождается сложностью использования коммутационных схем, работающих при высоких токах.

4. СОЗДАНИЕ ИСПЫТАТЕЛЬНЫХ СТЕНДОВ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ ЭТАНОЛА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИДРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК В НАТУРНЫХ УСЛОВИЯХ

4.1 Испытательный стенд и методика проведения исследований

4.1.1 Оборудование испытательного стенда

Испытательный стенд содержит следующие устройства:

- поперечно-струйная микроГЭС номинальной мощностью 1 кВт.
- система управления и выдачи мощности,
- система измерений характеристик выходного напряжения (АРРА 109 с регистрацией данных на компьютер),
- набор нагрузок мощностью от 25 до 2000 Вт.
- систему водоводов,
- запорно-регулирующую задвижку,
- сороудерживающую решетку,
- электрическую коммутационную систему.

Принципиальная гидравлическая схема стенда приведена на рис. 4.1.

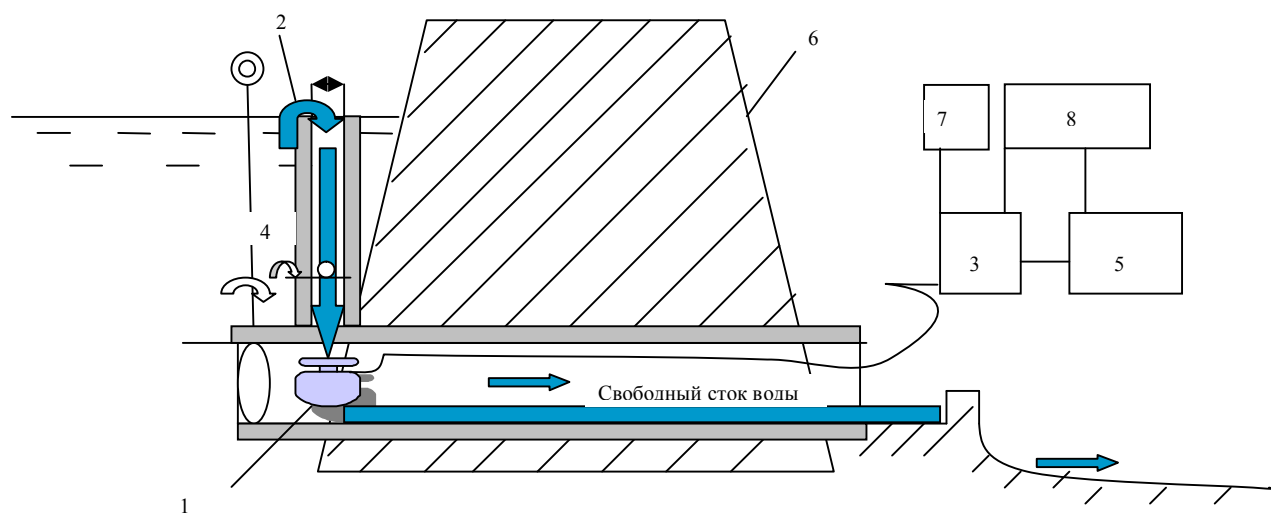


Рисунок 4.1 Принципиальная схема испытательного стенда.

1- микроГЭС, 2- сифонный водозабор, 3- блок управления и выдачи мощности, 4- запорно-регулирующая задвижка, 5- измерительный комплекс, 6- плотина, 7- балластная нагрузка, 8- регулируемые полезные нагрузки.



а.



б.

Рисунок 4.2 Общий вид поперечно- струйной микроГЭС.
а- в сборе, б- внутреннее устройство.

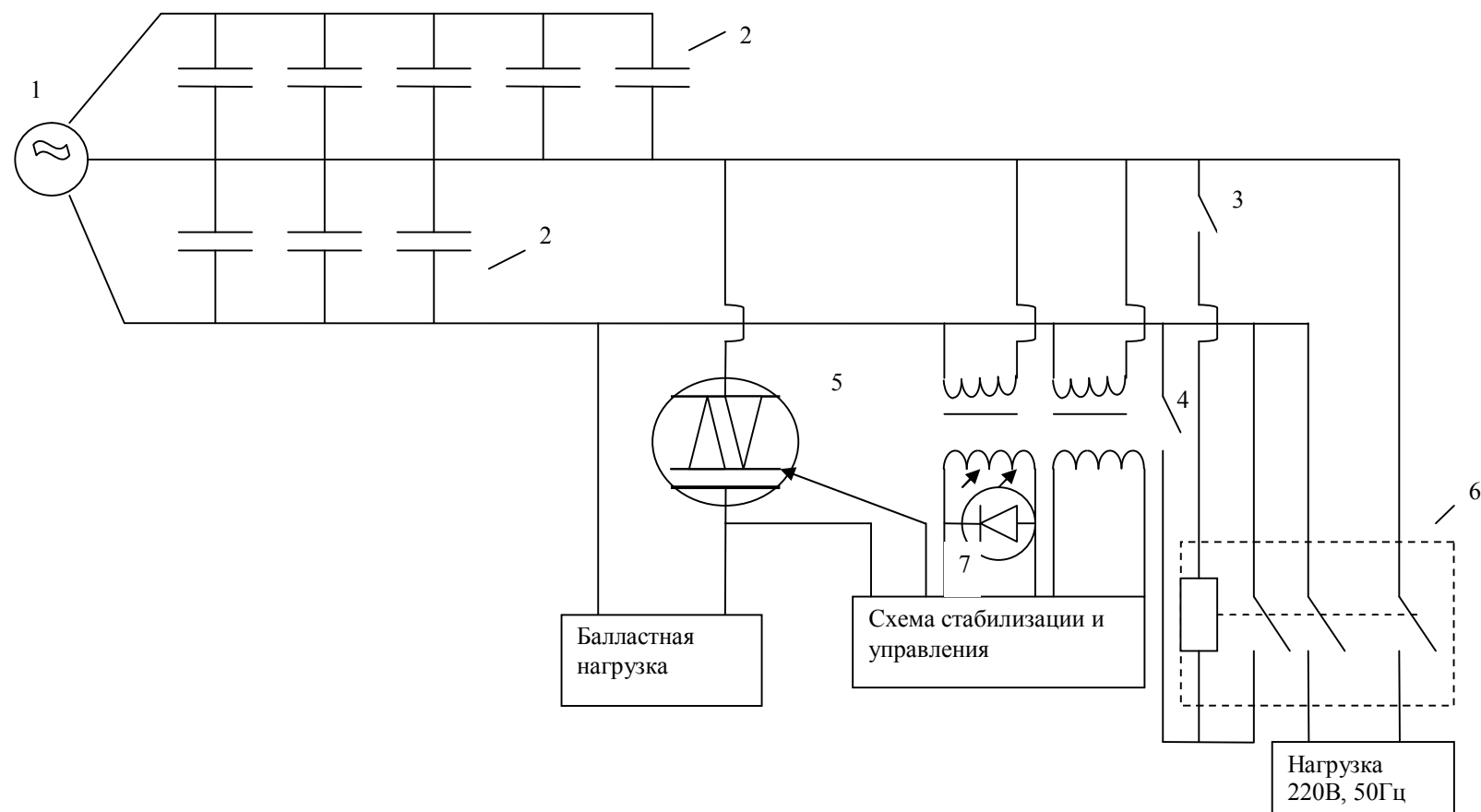


Рисунок 4.3 Принципиальная электрическая схема управления и стабилизации .

1- асинхронный генератор, 2- конденсаторы, 3- кнопка выключения, 4- кнопка пуска, 5- симметричный тиристор (семистор) управления балластной нагрузкой, 6- электромагнитный пускатель, 7- светодиодный индикатор готовности системы управления



а.



б.

Рисунок 4.4 Блок управления и стабилизации.

а – внутренне устройство блока,

б.- инженеры Немихин Ю.Е. и Плотников Е.И. ведут настройку блока.



Рисунок 4.5 Проверка работоспособности блока управления и стабилизации в лабораторных условиях.

4.1.2. Методика проведения исследований

Исследования включали в себя два этапа: лабораторный и натурный.

На стадии лабораторных исследований определялись электрические характеристики используемого асинхронного генератора, эффективность системы стабилизации выходных параметров (напряжения, частоты).

Методика исследований состояла в ступенчатом задании частоты вращения ротора генератора и фиксации выходных параметров измерительным комплексом АРРА 109 с регистрацией на компьютер (для исследования формы выходного тока применялся комплекс «Уран», описанный выше).

4.2 Результаты исследований

На рис. 4.6 приведены данные измерения характеристик генератора микроГЭС без системы стабилизации выходных параметров.

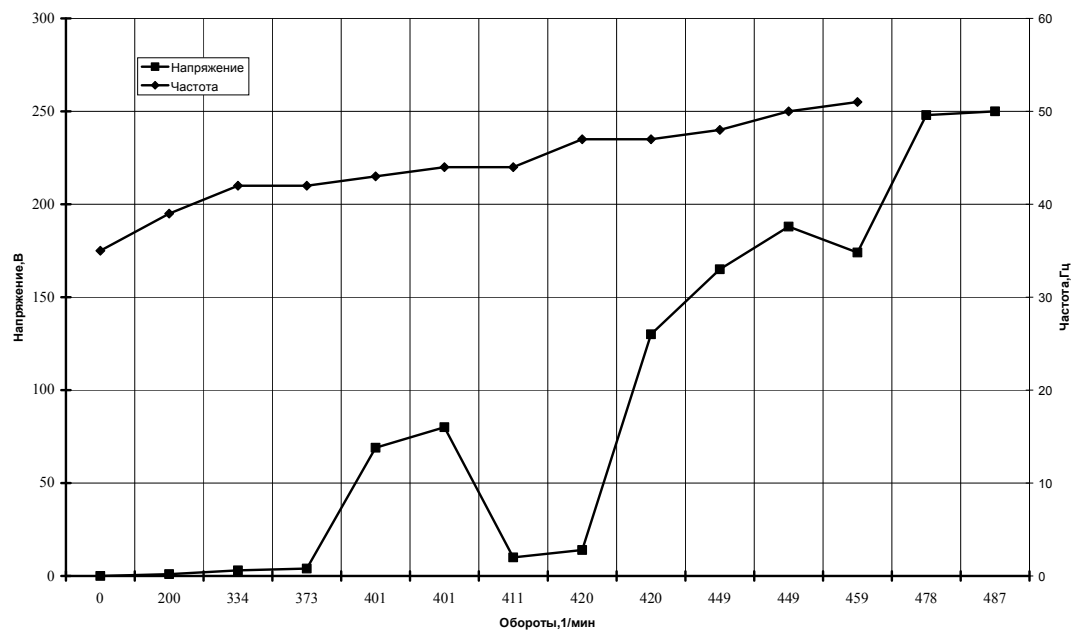


Рисунок 4.6 Зависимости выходных характеристик микроГЭС от частоты вращения вала генератора.

На рис. 4.7 приведены данные измерения характеристик генератора микроГЭС с включенной системой стабилизации. Видно, что при всех частотах вращения зависимость становится более равномерной, а начиная с числа оборотов 450 1/мин напряжение и частота становятся стабильными.

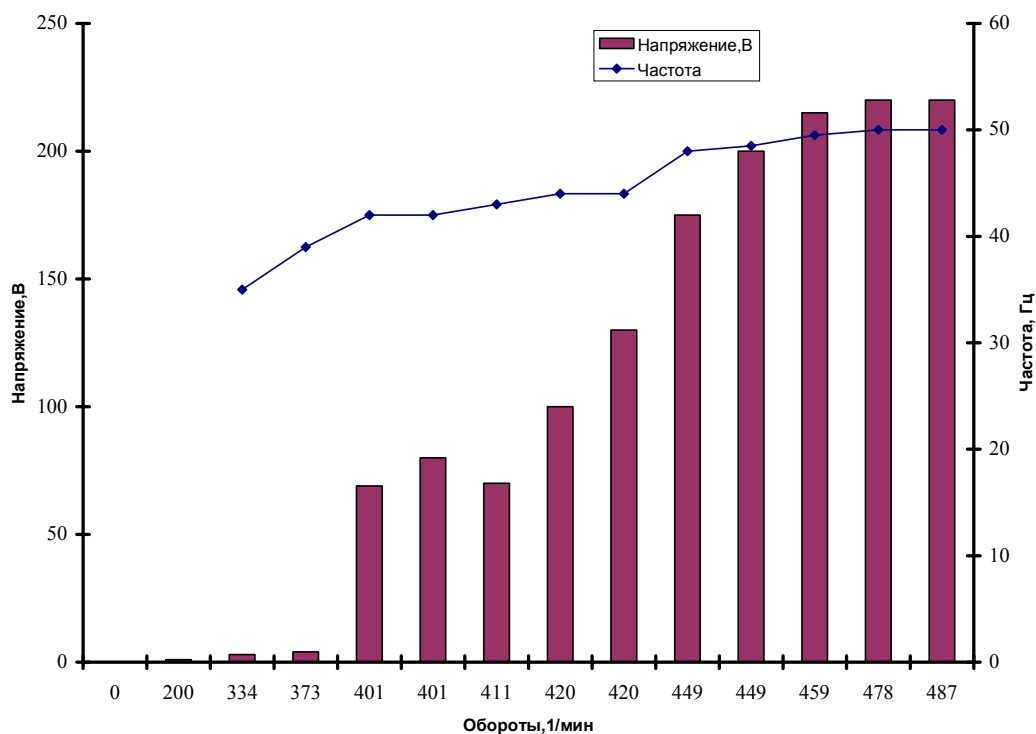


Рисунок 4.6 Зависимости выходных характеристик микроГЭС от частоты вращения вала генератора.

Результаты лабораторных исследований подтвердили работоспособность микроГЭС, эффективность блока стабилизации и позволили определить минимально- необходимый расход воды, требующийся для устойчивой работы на заданной мощности.

В соответствии с паспортной характеристикой поперечно-струйной турбины при полезной нагрузке генератора 1 кВт требуемая скорость вращения ротора достигается (напор 4,5 м) при расходе воды 0.25 куб.м/с.

Лабораторные данные были положены в основу выбора подходящих условий для натурных исследований.

Натурные исследования проводились на существующем гидротехническом сооружении (водохранилище- плотина с донным водостоком и переливным колодцем и системой затворов донного водостока) Верхнее-Бобровского водохранилища Белоярского района Свердловской области.

Схема размещения микроГЭС на ГТС Верхне-Бобровского водохранилища приведена на рис. 4.7.

Гидрологические характеристики водохранилища приведены в таблицах 4.1-4.2

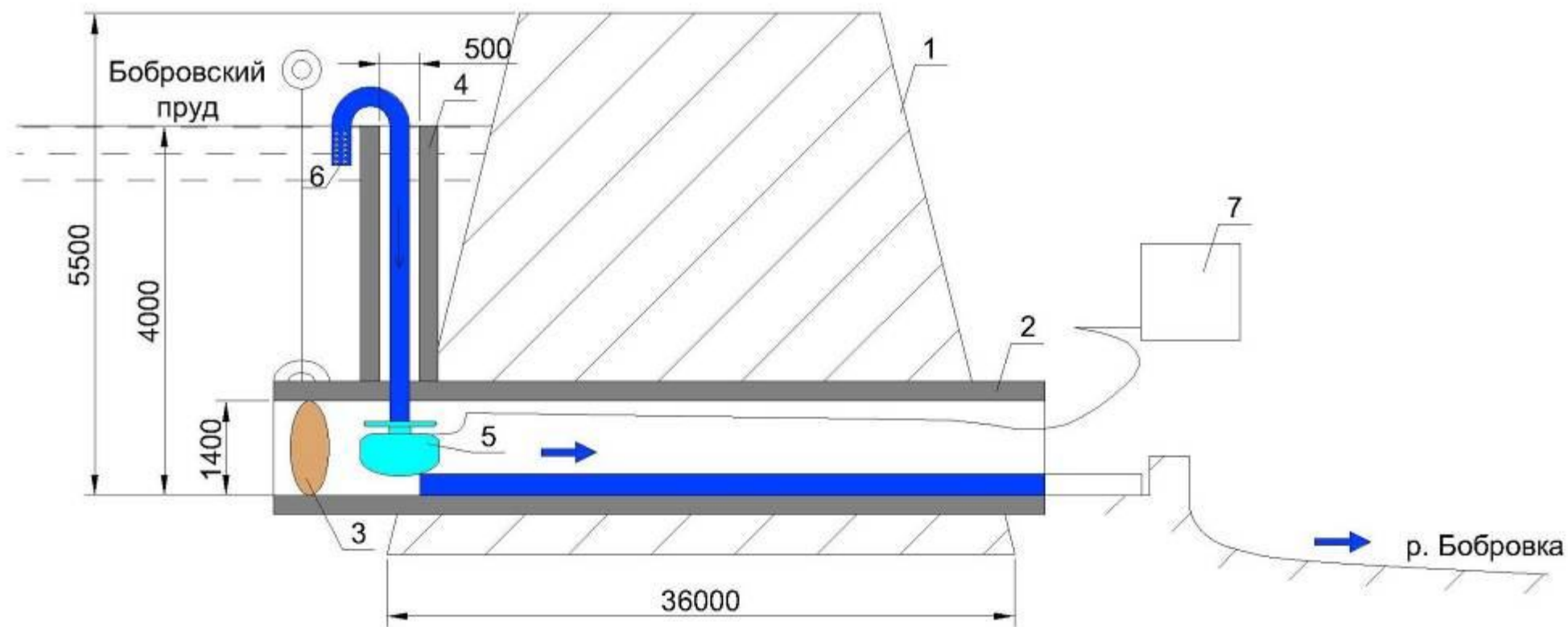


Рисунок 4.7 Схема размещения микроГЭС на ГТС Верхнее-Бобровского водохранилища.

1- Тело плотины, 2- Донный водовод, 3- Затвор донного водовода, 4- Переливной колодец, 5- микроГЭС, 6- сифонный водозабор, 7- блок управления и нагрузок микроГЭС.

Таблица 4.1

Наименование водохранилища	Река - пункт	Площадь водосбора, км ²	Расход воды, м ³ /с		Характерные уровни водохранилищ			Объем, млн.м ³		Отметка гребня плотины	Отметка порога водосбора	Высота плотины, м
			\bar{Q}	Q _{1%}	ФПУ	НПУ	УМО	НПУ	УМО			
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.
Верхне-Бобровский	Р. Бобровка – пос. Растущий	31,7	0,09	7,91	252,9	252,5	250,9	0,39		254,0	-	7,0

Таблица 4.2

Пропускная способность водосбора проект/факт	Коэффициент вариации			Коэффициент асимметрии			Доля от годового, %		Объем стока обеспеченностью, млн.м ³											
									Годовой			Весна			Лето - осень			Зима		
	C _{VГ}	C _{VM}	C _{VЗ}	$\frac{C_{SG}}{C_{VГ}}$	$\frac{C_{SM}}{C_{VM}}$	$\frac{C_{SЗ}}{C_{VЗ}}$	Меженный период	Зима	5	50	95	5	50	95	5	50	95	5	50	95
7,91/-	0,61	0,85	0,61	2,5	2,5	2,5	28	6,5	6,14	2,45	0,81	4,08	1,85	0,69	1,67	0,44	0,069	0,391	0,16	0,051

Для выбора схемы подачи воды и характеристик водоводов, а также оценки потерь мощности выполнялся расчет гидравлических потерь в подводящем трубопроводе.

Гидравлические потери мощности в подводящем трубопроводе определяется:

$$N_{\text{пот}} = \xi_{\text{сум}} \cdot \frac{\rho \cdot v^3 \cdot F}{2} \quad (4.1)$$

где $\xi_{\text{сум}}$ – суммарные гидравлические потери;
 ρ – плотность воды, кг/м³;
 v – скорость воды в трубопроводе, м/с;
 F – площадь поперечного сечения трубопровода, м²;

Скорость воды в трубопроводе определяется по формуле:

$$v = \frac{Q}{F}, \quad (4.2)$$

где v – скорость воды в трубопроводе, м/с;
 Q – среднегодовой расход через створы мини – ГЭС, м³/с;
 F – площадь поперечного сечения трубопровода, м².

Все гидравлические потери энергии делятся на два типа: потери на трение по длине трубопроводов и местные потери, вызванные такими элементами трубопроводов, в которых вследствие изменения размеров или конфигурации русла происходит изменение скорости потока, отрыв потока от стенок русла и возникновение вихреобразования.

Суммарные гидравлические потери определяются как:

$$\xi_{\text{сум}} = \xi_{\text{тр}} + \xi_{\text{м}}, \quad (4.3)$$

где $\xi_{\text{тр}}$ – коэффициент гидравлических потерь на трение;
 $\xi_{\text{м}}$ – коэффициент местных гидравлических потерь.

Коэффициент гидравлических потерь на трение определяется по формуле:

$$\xi_{\text{тр}} = \lambda \cdot \frac{l}{D}, \quad (4.4)$$

где λ – коэффициент сопротивления технических трубопроводов;
 l – длина трубопровода, м;
 D – диаметр трубопровода, м.

Для определения коэффициента λ служит универсальная формула А.Д. Альтшуля:

$$\lambda = 0,11 \left(\frac{\Delta}{D} + \frac{68}{R_e} \right)^{0,25}, \quad (4.5)$$

где Δ - эквивалентная абсолютная шероховатость. Для пластмассового трубопровода $\Delta=0,1$ мм;

D - диаметр трубопровода, м;

R_e – число Рейнольдса.

Число Рейнольдса для трубопровода круглого сечения:

$$R_e = \frac{v \cdot D}{\nu}, \quad (4.6)$$

где v – скорость воды в трубопроводе, м/с;

D - диаметр трубопровода, м;

ν – коэффициент кинематической вязкости. Значение коэффициентов кинематической вязкости для воды составляет $\nu=1,01 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$.

Коэффициент местных гидравлических потерь вызван внезапным сужением трубопровода. В этом случае потеря напора обусловлена трением потока при входе в более узкую трубу и потерями на вихреобразование, которые образуются в кольцевом пространстве вокруг суженой части потока (см. рис.4.8).

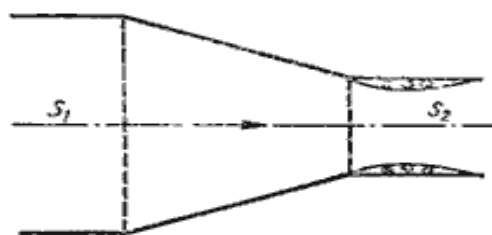


Рисунок 4.8. Конфузор

Коэффициент сопротивления сужения определяется по полуэмпирической формуле Идельчика:

$$\xi_m = 0,5 \left(1 - \frac{S_2}{S_1} \right) = \left(1 - \frac{1}{n} \right), \quad (4.7)$$

где ξ_m - коэффициент местных гидравлических потерь;

S_2 – поперечное сечение широкой части трубопровода (диаметр), м.

$S_2=0,15\text{м}$;

S_1 – поперечное сечение узкой части трубопровода (диаметр), м. $S_1=0,12\text{м}$.

n – степень сужения.

Так же имеется постепенный поворот трубопровода. Это тоже вызывает местные гидравлические потери. Данный вид местного сопротивления (см. рис.4.9) вызывает потери энергии. Плавность поворота значительно уменьшает интенсивность вихреобразования, а, следовательно, и сопротивление отвода.

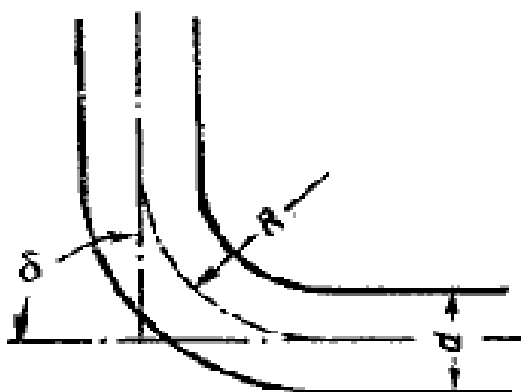


Рисунок 4.9. Поворот-отвод

Для отводов круглого сечения с углом $\delta=90^\circ$ и $R/d \geq 1$ при турбулентном течении можно воспользоваться эмпирической формулой:

$$\xi'_{\text{отв}} = 0,051 + \frac{0,19D}{R}, \quad (4.8)$$

где D диаметр трубопровода, м;

R – радиус кривизны отвода, м.

Для углов $\delta \geq 100^\circ$ коэффициент сопротивления:

$$\xi_{\text{отв}} = \left(0,7 + \frac{\delta}{90} \cdot 0,35 \right) \cdot \xi'_{\text{отв}}, \quad (4.9)$$

где δ – угол поворота трубопровода,

$\xi_{отв}$ - коэффициент гидравлического сопротивления, определяемый при $\delta=90$ и $R/d \geq 1$.

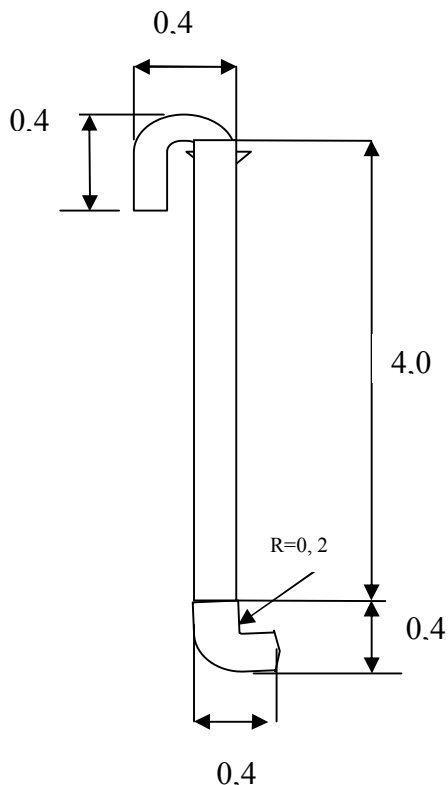


Рисунок 4.10 Гидравлическая схема сифонного водозабора.

Для среднегодового расхода $0,01 \text{ м}^3/\text{с}$, подводящего трубопровода диаметром $0,15 \text{ м}$ и конфигурацией, приведенной на рис. 4.10 гидравлические потери мощности составляют $N_{\text{пот}}=0,25 \text{ кВт}$.

Гидрологические характеристики ГТС позволяют осуществить требуемую подачу воды для обеспечения работы микроГЭС во всем диапазоне мощности.

Методика проведения натурных исследований.

Подготовка к работе.

1. Монтаж микроГЭС в объеме плотины (в донном водоводе в точке ввода в него переливного колодца).
2. Установка и подключение блока управления.
3. Установка и подключение балластной и полезных нагрузок.
4. Установка и подключение системы измерения (АРРА 109 с компьютером).
5. Монтаж и герметизация сифонного водовода.

6. Заполнение сифонного водовода водой (при закрытой запорно- регулирующей задвижке).

Работа.

1. Открытие запорно- регулирующей задвижки и установление минимального расхода.
2. Измерение расхода воды на выходе из водотока объемным методом (емкость 0,08 куб. м., электронный секундомер).
3. Регистрация выходных характеристик микро ГЭС в режиме холостого хода.
4. Путем дальнейшего открытия запорно- регулирующей задвижки установка расхода воды, измерение его и регистрация выходных характеристик микроГЭС при подключении полезных нагрузок.

На рисунках 4.11- 4. 15 приведены фрагменты проведения испытаний микроГЭС на Верхне-Бобровском водохранилище.



Рисунок 4.11 Заполнение сифонного водовода.



Рисунок 4.12 Агрегат микроГЭС на гребне плотины.



Рисунок 4.13 Доставка МикроГЭС с гребня плотины к месту монтажа.



Рисунок 4.14 Место установки микроГЭС-донный водовод (длина 36 м).



Рисунок 4.15 Наладка уплотнений входного конфузора.

Результаты исследований в виде зависимостей характеристик на выходе системы стабилизации микроГЭС от мощности подключенной полезной нагрузки представлены на рис. 4.16-4.17.

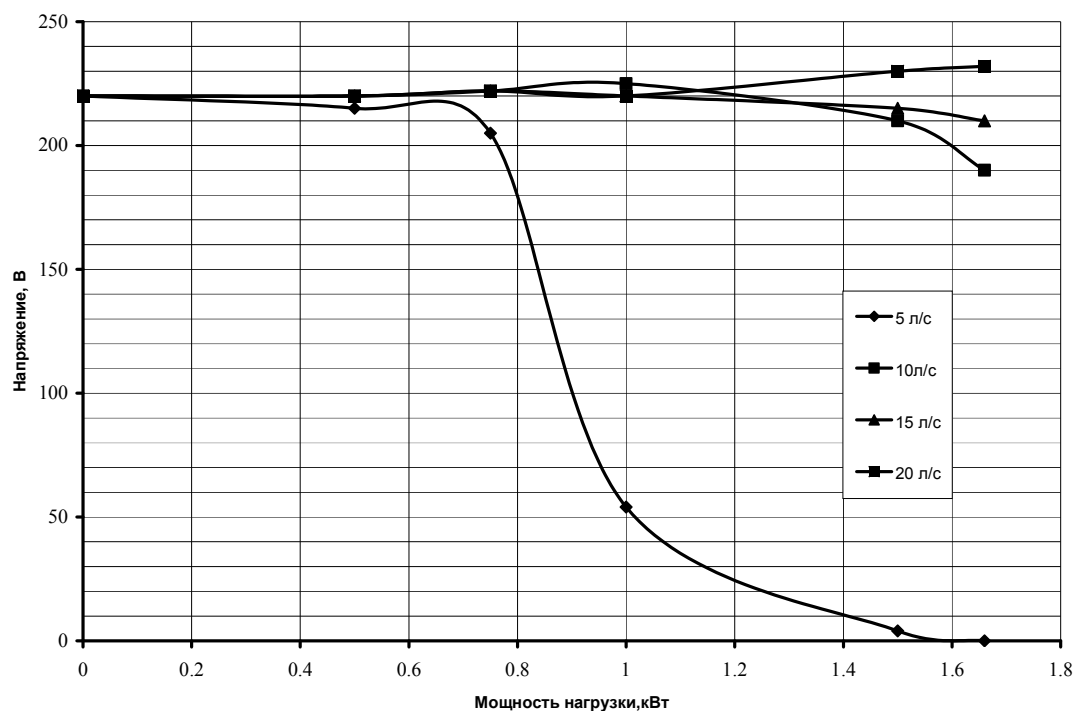


Рисунок 4.16 Зависимость выходного напряжения микроГЭС от мощности подключенной полезной нагрузки при варьируемых расходах воды.

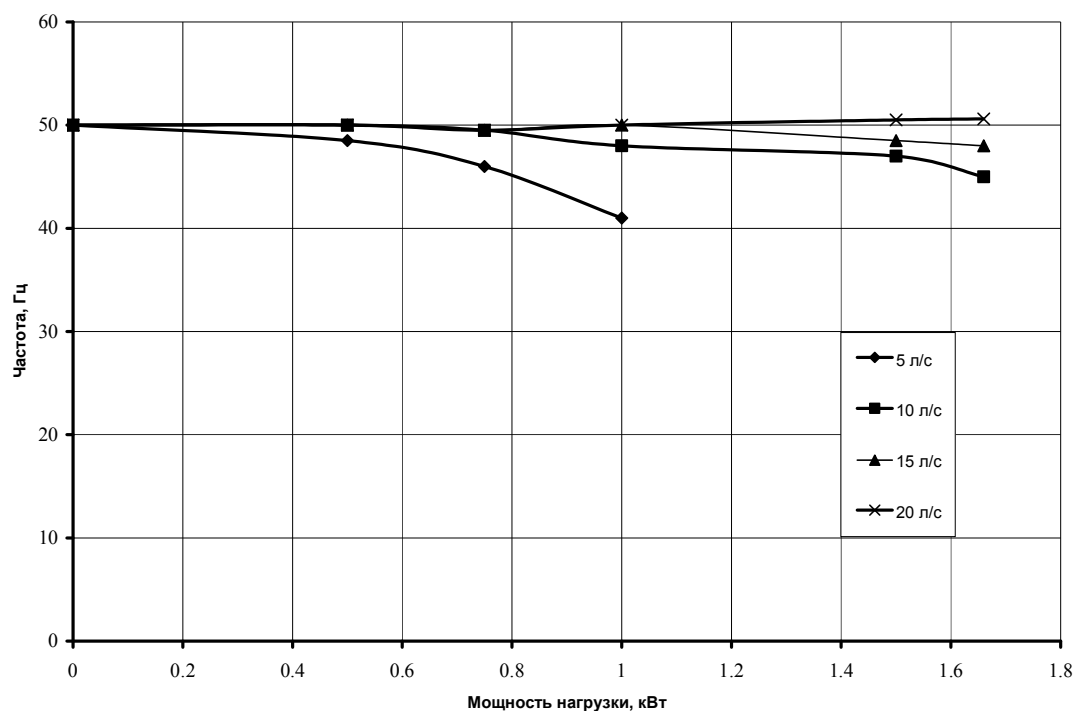


Рисунок 4.16 Зависимость частоты тока микроГЭС от мощности подключенной полезной нагрузки при варьируемых расходах воды.

Выводы.

Полученные результаты позволяют сделать вывод о возможности устойчивого получения требуемой мощности при правильном выборе типа гидроагрегата, соответствующего гидрологическим характеристикам источника воды;

показывают возможность эффективного водозабора сифонным водоприемником без нарушения конструкции существующего гидротехнического сооружения, что открывает возможность широкого использования подобных гидравлических схем для использования микроГЭС на существующих водохранилищах.

В приложении 3. приведены данные технико-экономического расчета возможностей производства электрической энергии и топливного этанола с использованием существующих гидротехнических объектов Свердловской области.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Проведенные испытания разработанного комбинированного стенда состоящего из плоских и вакуумных коллекторов показали, что тепловая мощность стенда достаточна для обеспечения технологического процесса производства топливного этанола.

Разработанная комбинированная схема стенда отвечает требованиям достаточно высокой энергетической эффективности. КПД стенда в стационарных условиях находится в диапазоне 0.65-0.7.

2. Проведенные испытания разработанных стендов для обеспечения высокопотенциальной тепловой энергией на основе концентраторов солнечной энергии позволили установить:

- тепловая мощность концентраторов достаточна для устойчивого получения тепловой энергии высокого потенциала, требуемой для технологического процесса дистилляции спиртосодержащего раствора в количестве, определенном техническим заданием.
- высокий КПД концентраторов при работе в режиме парообразования подтверждает целесообразность использования их в составе комплексного стенда с применением бака аккумулятора нагретого теплоносителя более низких параметров (80гр.С). В этом случае производительность концентраторов по пару составляет №1- 30 кг/сут, №2- 18 кг/сут.
- в связи с тем, что концентратор №2 обладает аномально низким уровнем тепловых потерь (менее 1,7 Вт/кв.м*гр) целесообразно рассматривать его в качестве базового при создании промышленного образа установки дистилляции всесезонного типа.
- разработанная конструкция концентратора №2 является модульной и позволяет набор любого требуемого уровня тепловой мощности и паропроизводительности путем увеличения количества модулей.

3. Проведенные испытания разработанного стенда для обеспечения электрической энергией технологического процесса производства топливного этанола на основе фотоэлектрических преобразователей солнечной энергии позволили установить:

- разработанная конструкция испытательного стенда показала высокую надежность при непрерывной работе в течение длительного периода (более 1,5 лет).
- полученные данные подтверждают возможность производства, требуемого для обеспечения технологии получения топливного этанола, объема энергии.
- определены потери энергии в элементах испытательного стенда. Показано, что наибольшие потери имеют место в системах инвертирования (до 15%).

4. Проведенные испытания разработанного стенда для обеспечения электрической энергией технологического процесса производства топливного этанола на основе гидроэнергетического преобразователя позволили установить:

- возможность устойчивого получения требуемой мощности при правильном выборе типа гидроагрегата, соответствующего гидрологическим характеристикам источника воды;
- показывают возможность эффективного водозабора сифонным водоприемником без нарушения конструкции существующего гидротехнического сооружения, что открывает возможность широкого использования подобных гидравлических схем для использования микроГЭС на существующих водохранилищах,
- данные технико-экономического расчета для существующих гидротехнических объектов Свердловской области показывают возможность эффективного производства энергии для обеспечения технологий получения топливного этанола.

Библиографический список.

1. Матвеев А. В., Щеклеин С. Е., Жуков С. В., Лекомцев А. А. Автоматизированная система для проведения лабораторных работ и научных исследований // Новые технологии в образовании. Материалы международной научно-практической конференции, Екатеринбург, 26 – 28 февраля 2007 г., Рос. гос. проф.-пед. ун-т., Екатеринбург, 2007 г. Ч. 1 95 – 98 с.
2. Трушевский С. Н., Раббимов Р. Т. Неопределенность эксергетической эффективности солнечных тепловых установок с линейными концентраторами // Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве. Труды 4-й Международной научно-практической конференции (12 – 13 мая 2004 года, г. Москва, ГНУ ВИЭСХ). В 4-х частях. Часть 4. Возобновляемые источники энергии. Местные энергоресурсы. Экология, Москва, ГНУ ВИЭСХ, 2004 г. 108 – 113 с.
3. Шаргут Я., Петела Р. Эксергия // Энергия, Москва, 1968 г.
4. Матвеев А. В., Щеклеин С. Е., Пахалуев В. М. Оценка энергетической производительности солнечного коллектора с естественной циркуляцией теплоносителя // Исследовано в России, 2007 г., №117. 1224 – 1231 с. (<http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2007/117.pdf>).
5. Бекман У., Клейн С., Даффи Дж. Расчеты систем солнечного теплоснабжения // Москва, Энергоиздат, 1982.
6. Stekford G. H. An averaging technique for predicting the performance of a solar energy collectors system. Sharing the sun solar technology in the seventies. // A join conference of the American section of the ISES and the solar energy society of Canada, Winnipeg, 1976, Vol. 4. P. 295-315.
7. Авдеева Л. В., Смирнов С. И. Тарнижевский Б. В., Чебунькова О. Ю. Расчет теплопроизводительности систем солнечного горячего водоснабжения для южных районов СССР // Гелиотехника, 1983 г., №3. 39-42 с.
8. Безруких П. П., Арбузов Ю. Д., Борисов Г. А., Виссарионов В. А., Евдокимов В. М., Малинин Н. К., Огородов Н. В., Пузаков В. Н., Сидоренко Г. И., Шпак А. А. Ресурсы и эффективность использования возобновляемых источников энергии в России // СПб, Наука, 2002. 314 с.

9. Матвеев А. В., Щеклеин С. Е., Пахалуев В. М. Математическая модель солнечного коллектора в режиме естественной циркуляции теплоносителя // Новое в российской электроэнергетике, 2007 г., №5. 32 – 37 с.
10. Матвеев А. В., Пахалуев В. М., Щеклеин С. Е. Методика проведения теплотехнических испытаний солнечных коллекторов при искусственном освещении // Альтернативная энергетика и экология, 2007 г., №5. 108 – 110 с.
11. Вентцель Е. С. Теория вероятностей // Наука, Москва, 1964 г. 576 с.
12. Матвеев А. В., Пахалуев В. М., Щеклеин С. Е. Экспериментальные и теоретические исследования работы солнечного коллектора в режиме естественной циркуляции теплоносителя // Сборник докладов российско-британского семинара молодых ученых и студентов «Экотехнологии 21 века: ЭКОТЕХ – XXI», ИПЦ «Издательство УРГУ», Екатеринбург, 2007 г. 69 – 76 с.
13. Матвеев А. В., Пахалуев В. М., Щеклеин С. Е. Экспериментальные и теоретические исследования работы солнечного коллектора в режиме естественной циркуляции теплоносителя // Научные труды XII отчетной конференции молодых ученых ГОУ ВПО УГТУ – УПИ: сборник статей Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ – УПИ, 2007 г. 435 – 439 с.
14. Справочник по климату СССР // выпуск 9 Пермская, Свердловская, Челябинская, Курганская области и Башкирская АССР, Солнечная радиация, Радиационный баланс и солнечное сияние, Ленинград, Гидрометеорологическое издательство, 1966 г.

**Отчет о технико-экономической оценке эффективности получения этанола с
использованием солнечных коллекторов**

Введение

Стенд на основе солнечных коллекторов предназначен для получения тепловой энергии для обеспечения технологических процессов получения топливного этанола не требующих высоких температур (брожение) и как система предварительного нагрева теплоносителя для получения высоких температур в концентраторах солнечной энергии для этапов дистилляции и ректификации.

1. Энергетическая и эксергетическая эффективность солнечных коллекторов

Расчет производительности солнечного коллектора за месяц осуществлялся с учетом количества пасмурных дней $N_{обл}$ по формуле [1]

$$Q_{СК}^{месяц} = Q_{СК}^{ясный} (N_{мес} - N_{обл}) + Q_{СК}^{облачный} N_{обл},$$

где $Q_{СК}^{ясный}$ и $Q_{СК}^{облачный}$ - производительность солнечного коллектора за средний день месяца для условий ясного неба и условий облачности.

Годовая производительность солнечного коллектора определялась по формуле [1]

$$Q_{СК}^{год} = \sum_{i=1}^{12} Q_{СК}^{месяц\ i}.$$

При расчете гелиоустановок, особенно работающих по одноконтурной схеме, когда теплоносителем является вода, необходимо учитывать температурный фактор. Замерзание воды в солнечном коллекторе при отрицательных температурах окружающей среды может привести к разрушению коллектора и других частей установки. Поэтому период использования солнечного коллектора по одноконтурной схеме в течение года ограничен. Для двухконтурных систем, когда теплоносителем в первом контуре является жидкость с низкой температурой замерзания, эта проблема не столь актуальна, поэтому такие системы можно эксплуатировать практически круглый год. Проблема использования солнечных коллекторов в зимний период связана с резким падением прихода солнечной радиации, поэтому для обеспечения требуемой тепловой нагрузки необходимы большие площади СК, что экономически не оправдано. Кроме того, зимний период может сопровождаться выпадением осадков в виде снега и образованием наледи на прозрачном покрытии и корпусе СК, что ухудшает его работу и может привести к поломке. По этим причинам на территориях с холодным климатом в зимний период солнечные коллекторы используют крайне редко.

Выработка солнечного коллектора за период эффективной эксплуатации в течение года рассчитывалась по формуле [1]

$$Q_{СК}^{период} = \sum_{i=1}^n Q_{СК}^{месяц\ i},$$

где n – количество месяцев эффективной эксплуатации солнечного коллектора.

Особенностью работы солнечного коллектора является то, что он вырабатывает тепловую энергию низкого потенциала, т. е. температура нагрева теплоносителя не превышает 90 – 100 °С, а в большинстве случаев колеблется в районе 50 – 60 °С. Поэтому очень важно оценить качество вырабатываемой им энергии. Для этого были применены методы эксергетического анализа.

В приемниках солнечного излучения осуществляется передача эксергии солнечной радиации теплоносителю, но для анализа эффективности этого процесса достаточно знать эксергию не излучающего тела (Солнца), а эксергию радиации $E_{приход}$, достигающей поверхности солнечного коллектора. Шаргут и Петела [2, 3] предложили определять плотность потока эксергии солнечной радиации $E_{приход}$ по формуле

$$E_{приход} = \phi_e \cdot Q_{приход},$$

где

$$\phi_e = \frac{E_{приход}}{Q_{приход}} = 1 - \frac{1}{3} \cdot \frac{T_0}{T_c} \cdot \left[4 - \left(\frac{T_0}{T_c} \right)^3 \right]$$

есть отношение плотностей потоков эксергии $E_{приход}$ и энергии $Q_{приход}$ солнечной радиации, достигающей поверхности СК; T_0 - абсолютная температура окружающей среды; $T_c = 6000$ К – абсолютная эффективная температура поверхности фотосферы солнца.

Эксергия теплоты, вырабатываемой солнечным коллектором, определялась по формуле:

$$E_{СК} = Q_{СК}(\tau / \tau_m) \cdot \left[1 - \frac{T_0}{T_{бак}(\tau)} \right],$$

где $Q_{СК}(\tau / \tau_m)$ - энергия вырабатываемая солнечным коллектором, $T_{бак}(\tau)$ - температура теплоносителя в баке-аккумуляторе.

Для определения температуры теплоносителя в баке-аккумуляторе $T_{бак}$ составлено уравнение теплового баланса:

$$c_p \rho V_{бак} \frac{d(T_{бак}(\tau) - T_0)}{d(\tau / \tau_m)} = Q_{СК}(\tau / \tau_m) - kF_{бак}(T_{бак}(\tau) - T_0),$$

где c_p , ρ - теплоемкость и плотность теплоносителя, $V_{бак}$, $F_{бак}$ - объем и площадь поверхности бака-аккумулятора, k – коэффициент теплопередачи. В формуле не учтены потери энергии через трубопроводы, поскольку их величина незначительна и составляет менее 1% от производительности солнечного коллектора.

Из уравнения было получено выражение

$$T_{бак}(\tau) = T_0 + (c_p \rho V_{бак})^{-1} \cdot \exp\left(-\frac{kF_{бак}}{c_p \rho V_{бак}} \cdot \tau_m \cdot \left[\frac{\tau}{\tau_m} - 0,5\right]\right) \cdot Q_{СК}(\tau/\tau_m).$$

На рис. 1.1 приведены результаты расчетов производства энергии солнечным коллектором, а также выработки эксергии. При расчетах эксергии за температуру окружающей среды бралась среднемесячная температура. Как видно из рисунка, выработка эксергии на 88 – 92 % ниже, чем выработка энергии.

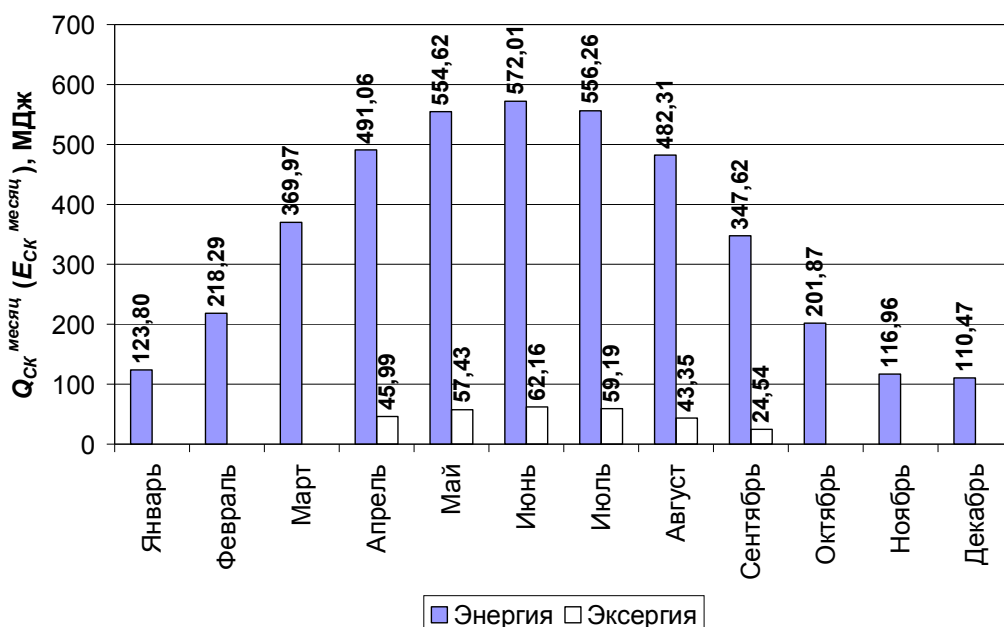


Рисунок П.1.1. Изменение производства энергии и эксергии солнечным коллектором в течение года [4].

Пользуясь формулами данной методикой [4] построены зависимости изменения суммы прихода солнечной энергии и эксергии на поверхность коллектора, а также суммы полезной энергии и эксергии, вырабатываемой солнечным коллектором в течение среднего дня месяца, для ряда городов РФ.

Результаты расчета производительности солнечного коллектора за год для условий ряда населенных пунктов РФ представлены в таблице П.1.1.

Таблица П.1.1. Расчетная производительность солнечных коллекторов для различных городов РФ.

Параметр	Екатеринбург	Сочи	Волгоград	Санкт-Петербург
Координаты:				
северная широта	56° 51'	43° 50'	48° 44'	59° 55'
восточная долгота	60° 36'	39° 40'	44° 25'	30° 15'
Приход энергии на поверхность СК за год, МДж/м ²	4493,12	4868,09	4834,21	4034,15
Возможная выработка энергии СК за год, МДж	4145,25	4526,03	4480,43	3683,79
Период эффективного использования	Апрель-Сентябрь	Круглый год	Апрель-Октябрь	Май- Октябрь
Приход энергии на поверхность СК за период, МДж/м ²	3296,26	4868,09	3658,57	3002,50
Выработка энергии СК за период, МДж	3003,89	4526,03	3365,78	2722,24
Приход эксергии на поверхность СК за период, МДж/м ²	3033,38	4448,28	3344,04	2751,39
Выработка эксергии СК за период, МДж	292,66	335,19	293,04	264,68

Как видно из таблицы, наибольший приход солнечной радиации за год наблюдается в городах Сочи и Волгоград, поскольку географически они расположены южнее двух других.

Данные по динамике изменения удельной суммы энергии и эксергии приходящей на поверхность солнечного коллектора и удельной суммы энергии и эксергии вырабатываемой солнечным коллектором приведены на графиках Рис.П. 1.2- Рис. П. 1.32

Метеостанция в г. Верхнее Дуброво (окрестности г. Екатеринбург)

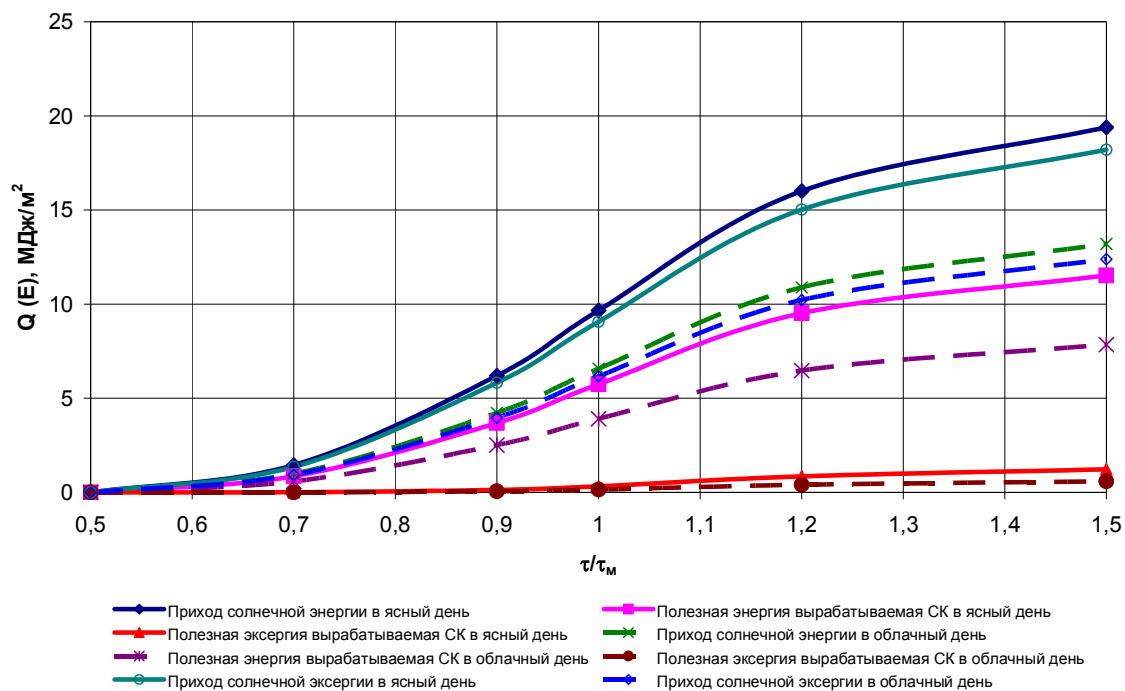


Рис. П.1.2. г. Верхнее Дуброво средний день апреля.

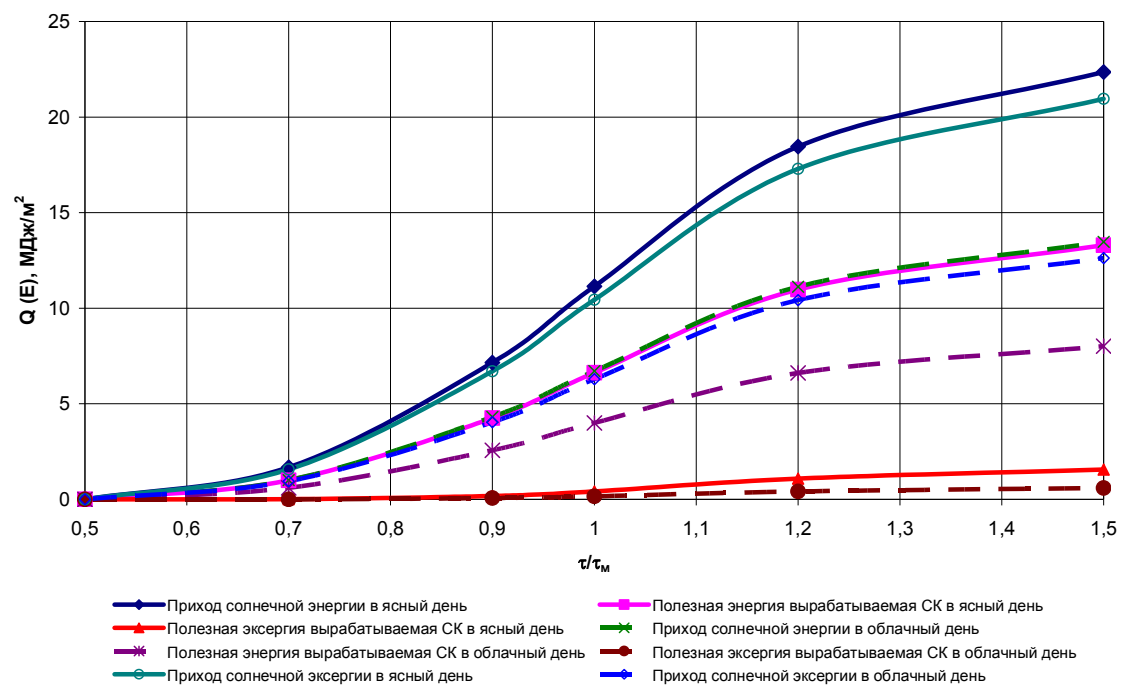


Рис. П.1.3. г. Верхнее Дуброво средний день мая.

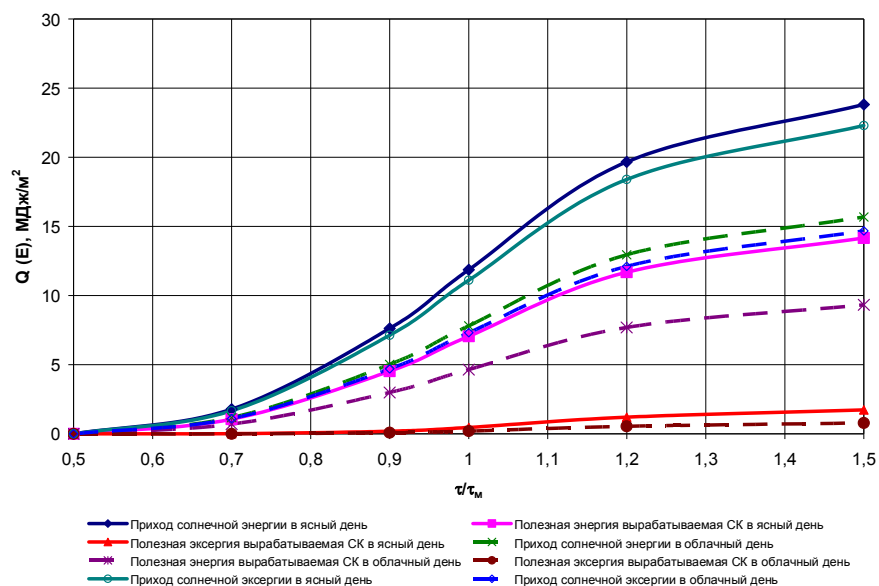


Рис. П.1.4. г. Верхнее Дуброво средний день июня.

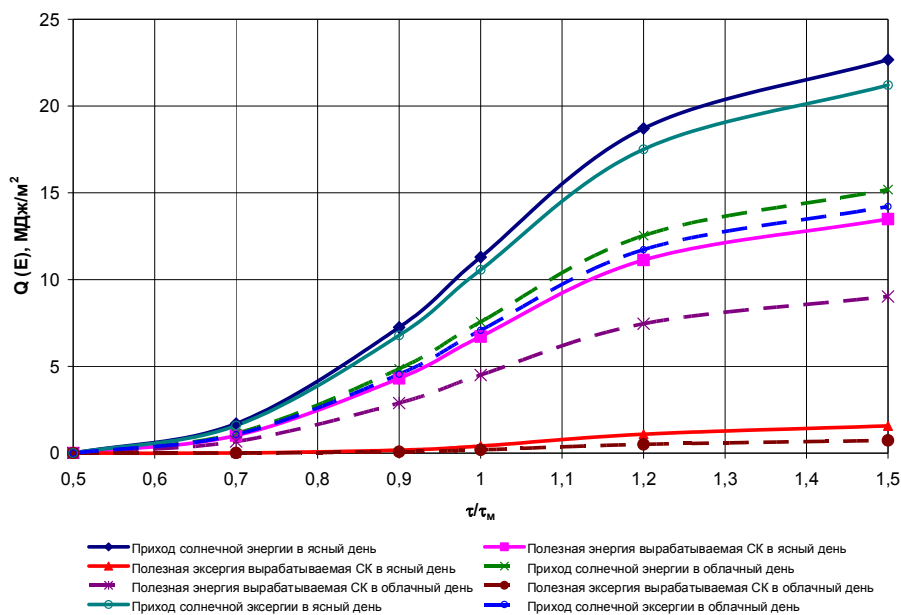


Рис. П.1.5. г. Верхнее Дуброво средний день июля.

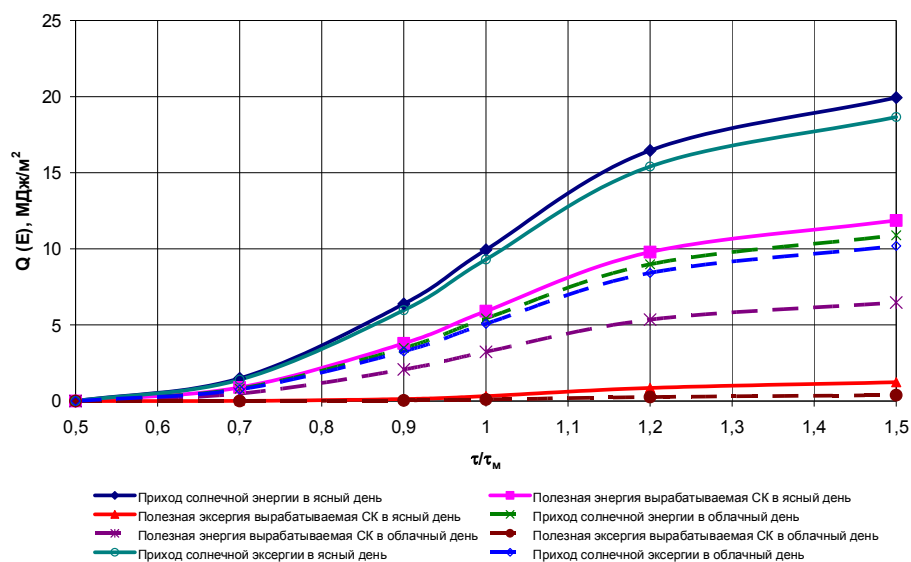


Рис. П.1.6. г. Верхнее Дуброво средний день августа.

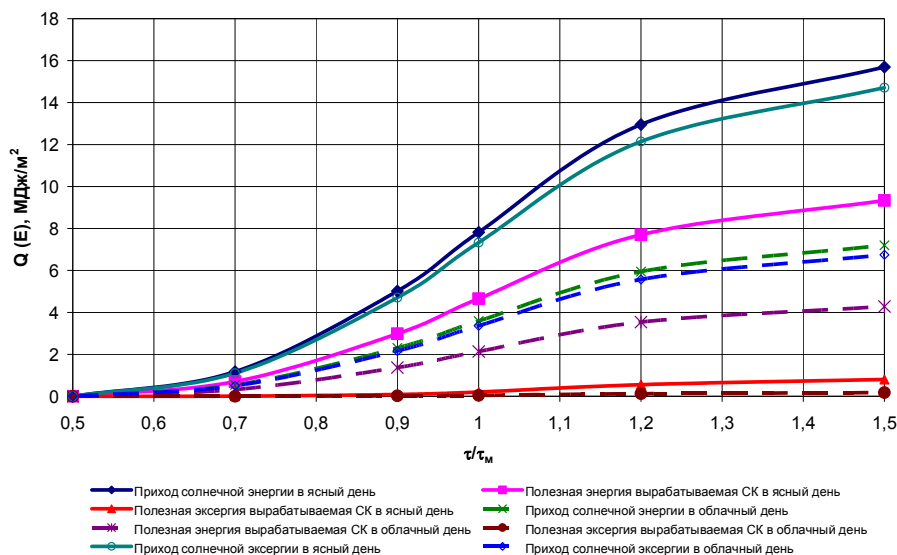


Рис. П.1.7. г. Верхнее Дуброво средний день сентября.

Метеостанция в г. Сочи

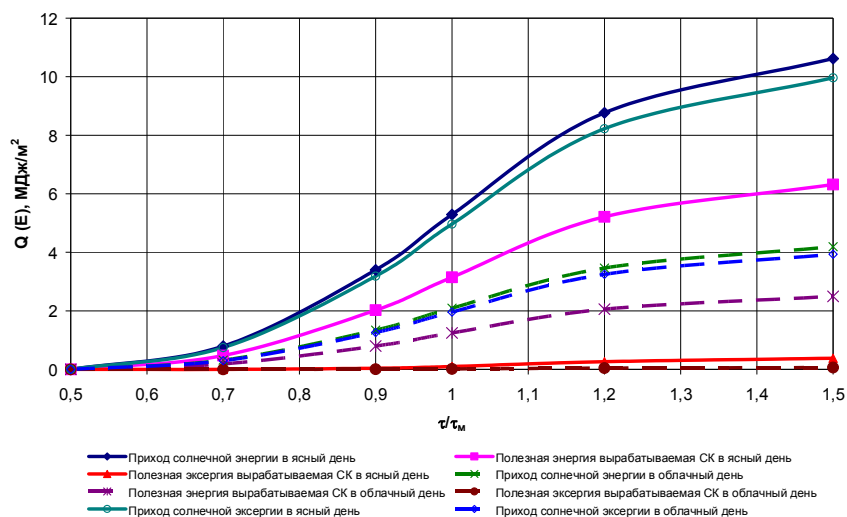


Рис. П.1.8. г. Сочи средний день января.

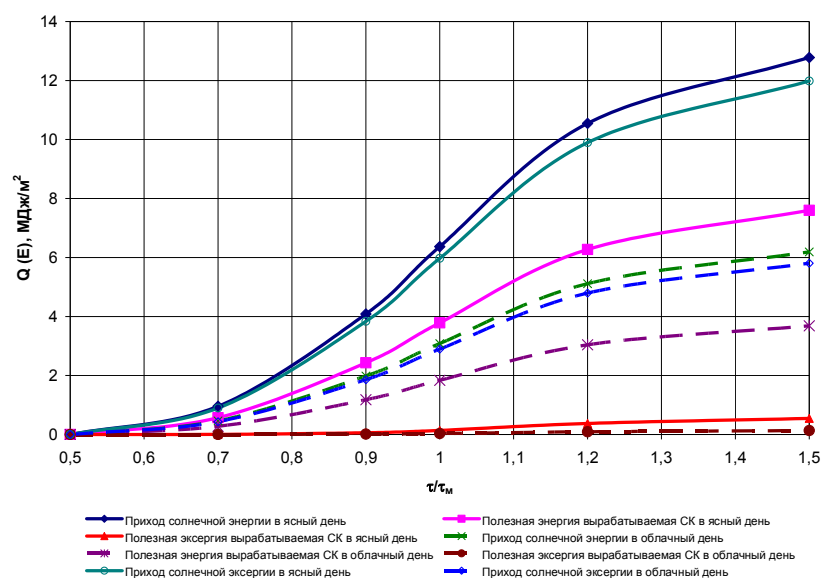


Рис. П.1.9. г. Сочи средний день февраля.

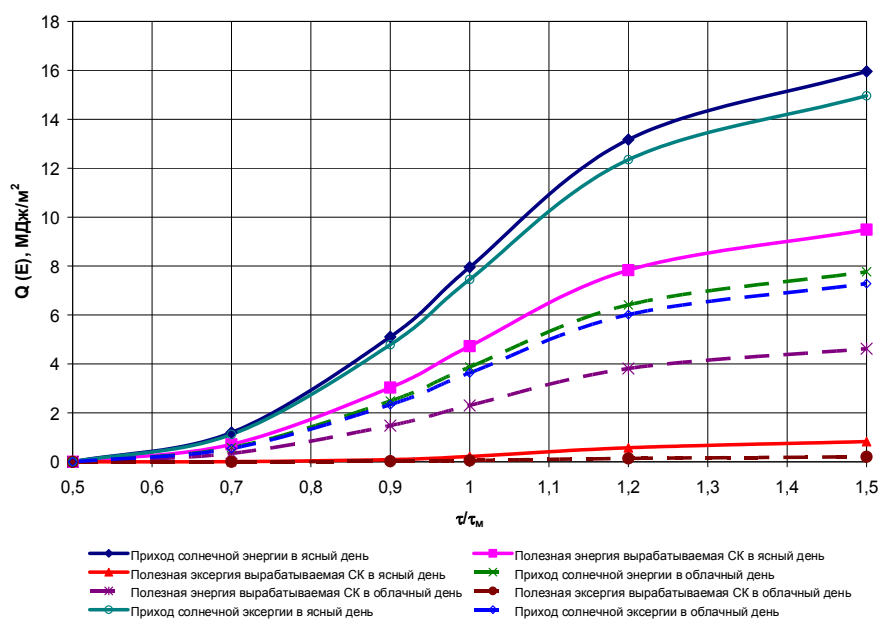


Рис. П.1.10. г. Сочи средний день марта.

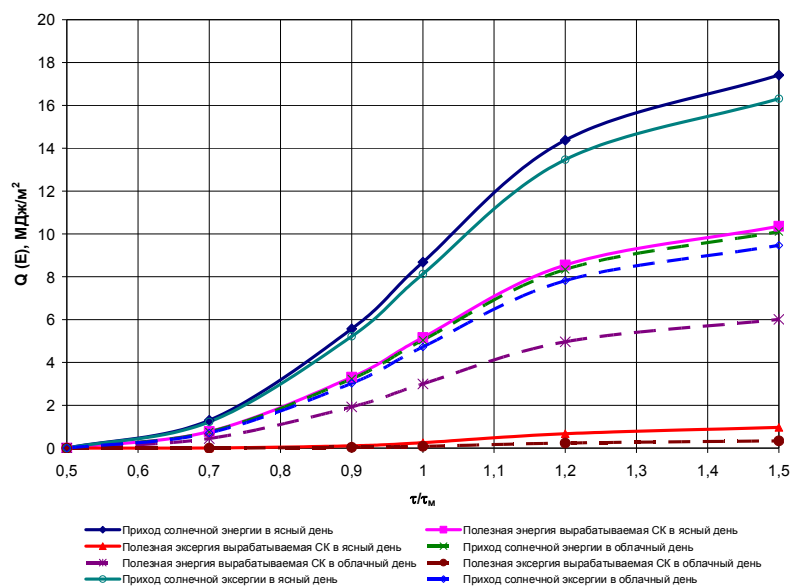


Рис. П.1.11. г. Сочи средний день апреля.

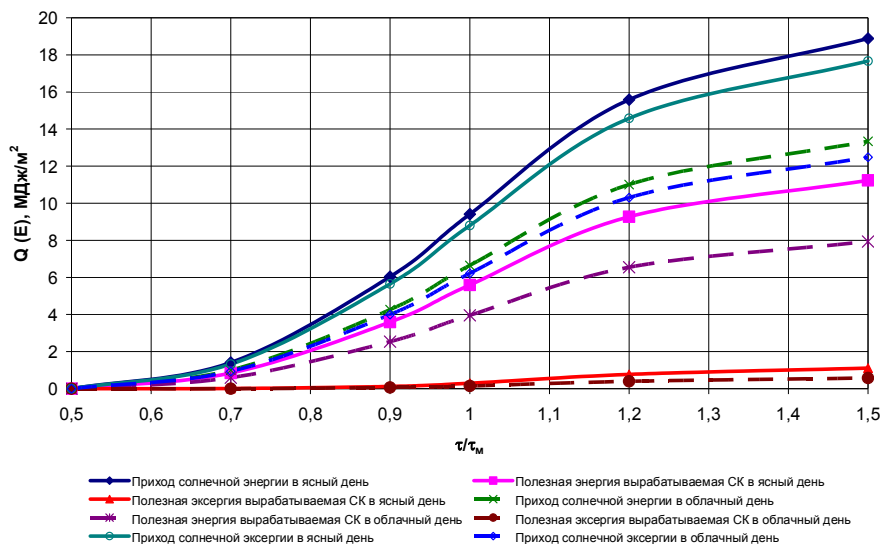


Рис. П.1.12. г. Сочи средний день мая.

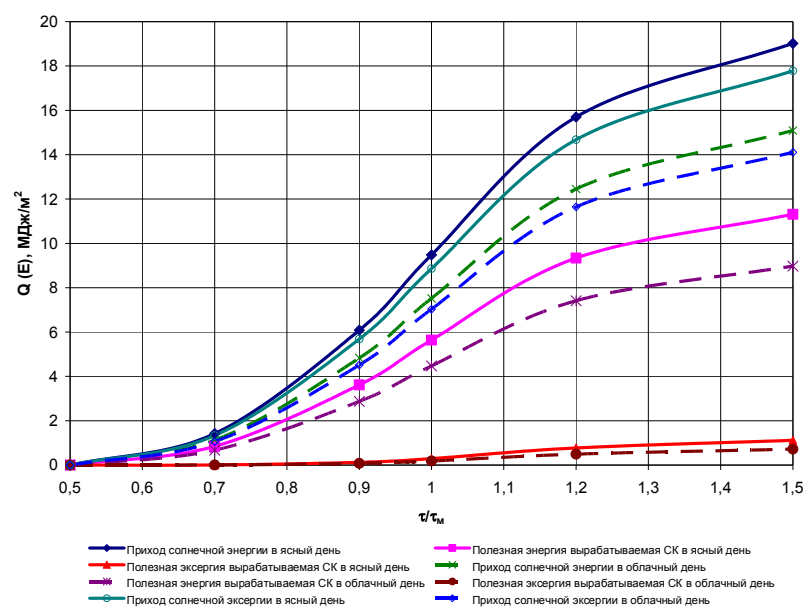


Рис. П.1.13. г. Сочи средний день июня.

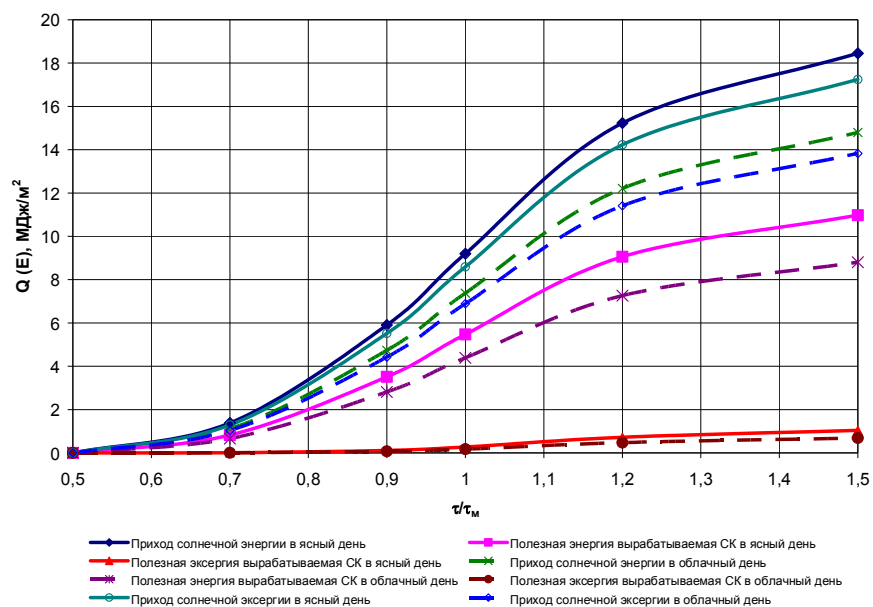


Рис. П.1.14. г. Сочи средний день июля.

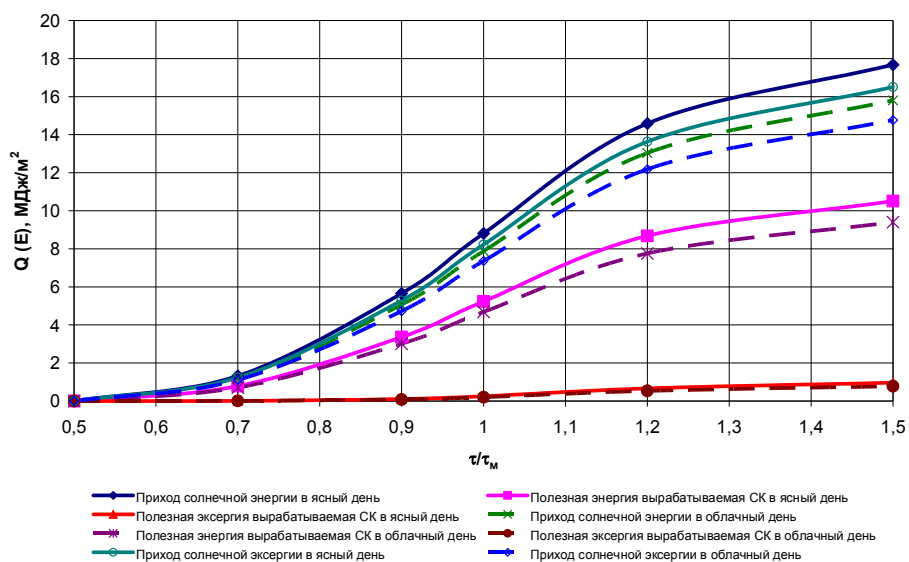


Рис. П.1.15. г. Сочи средний день августа.

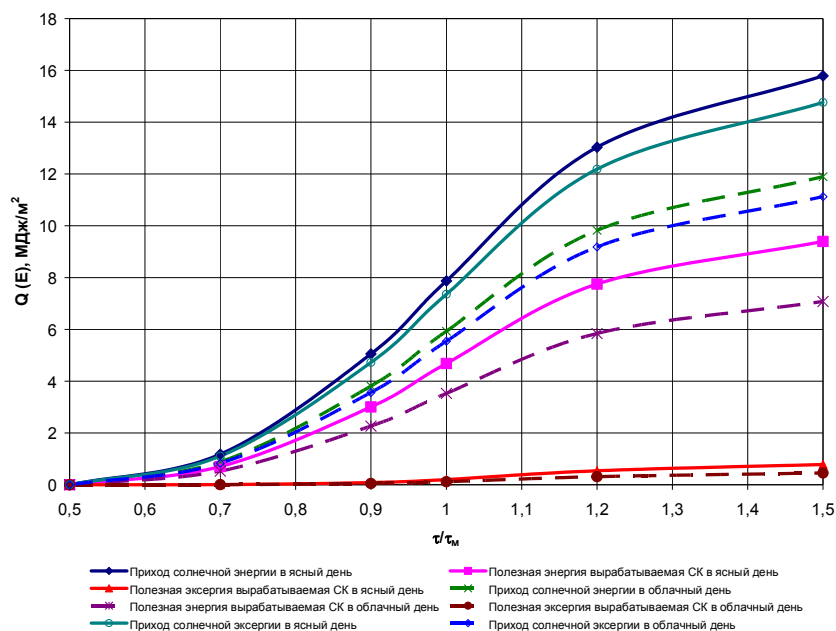


Рис. П.1.16. г. Сочи средний день сентября.

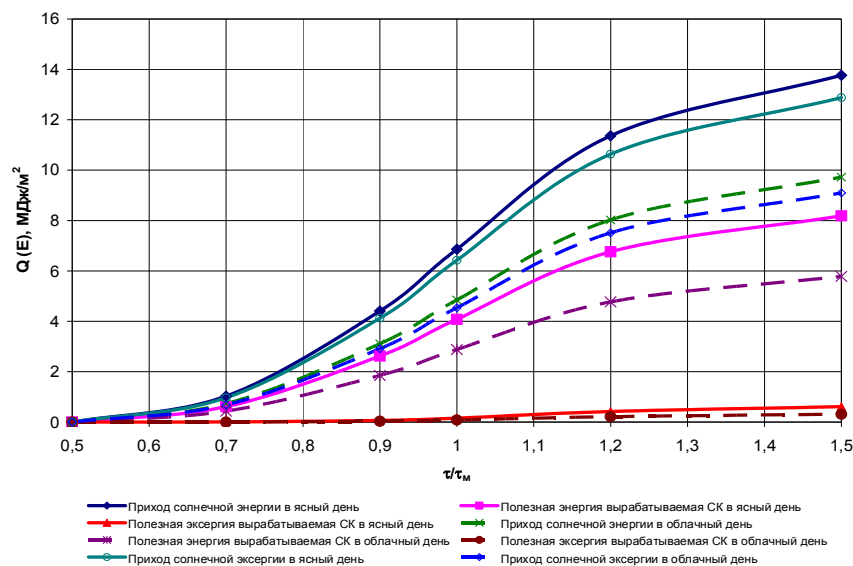


Рис. П.1.17. г. Сочи средний день октября.

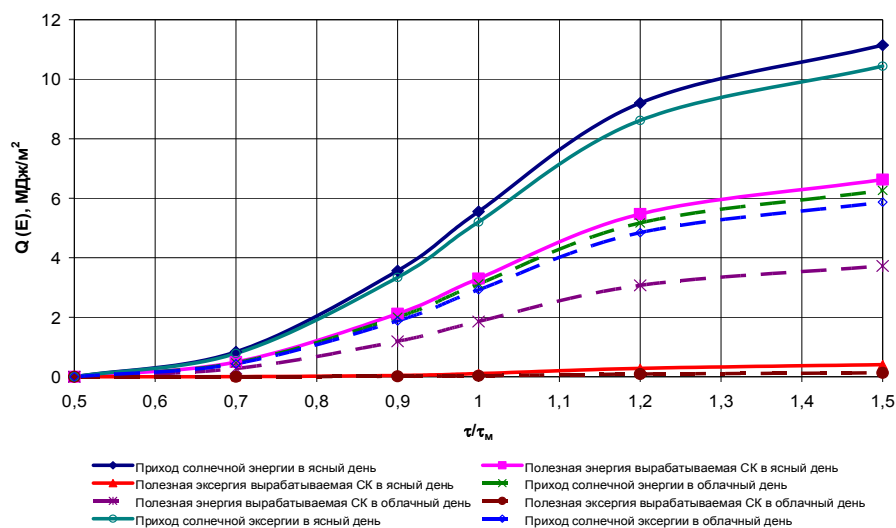


Рис. П.1.18. г. Сочи средний день ноября.

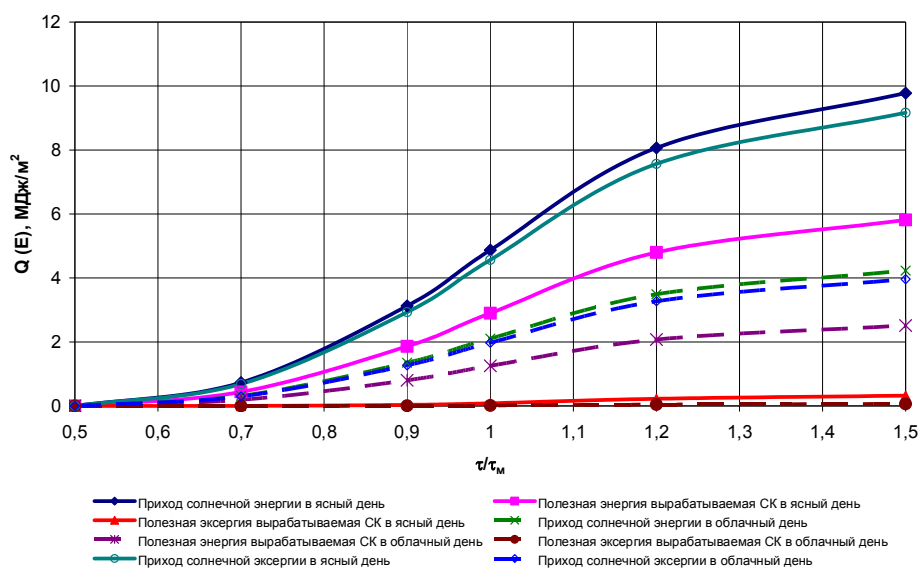


Рис. П.1.19. г. Сочи средний день декабря.

Метеостанция в г. Волгограде

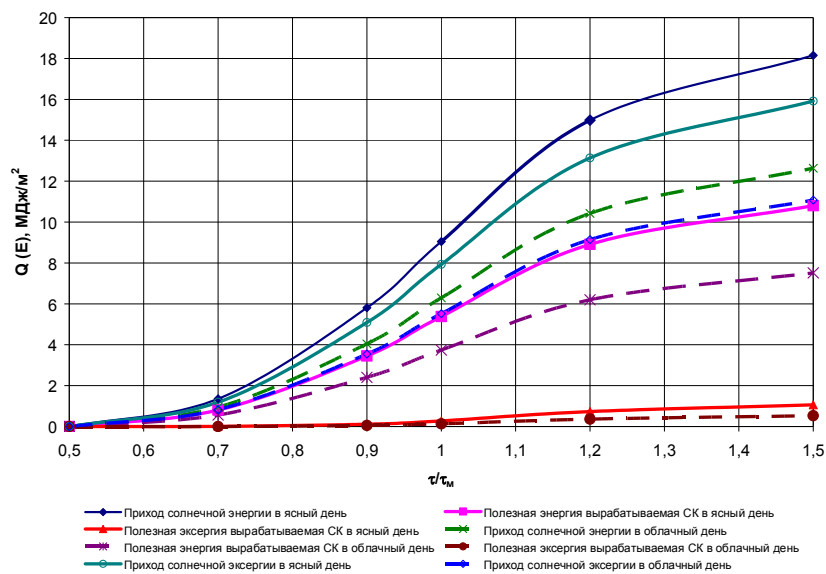


Рис. П.1.20. г. Волгоград средний день апреля.

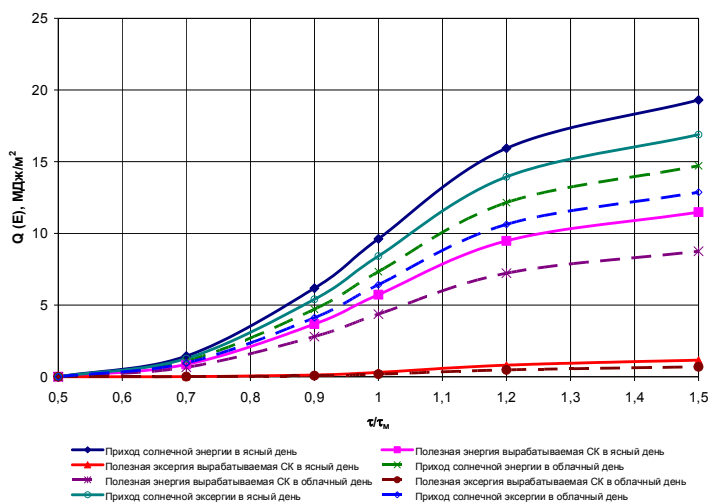


Рис. П.1.21. г. Волгоград средний день мая.

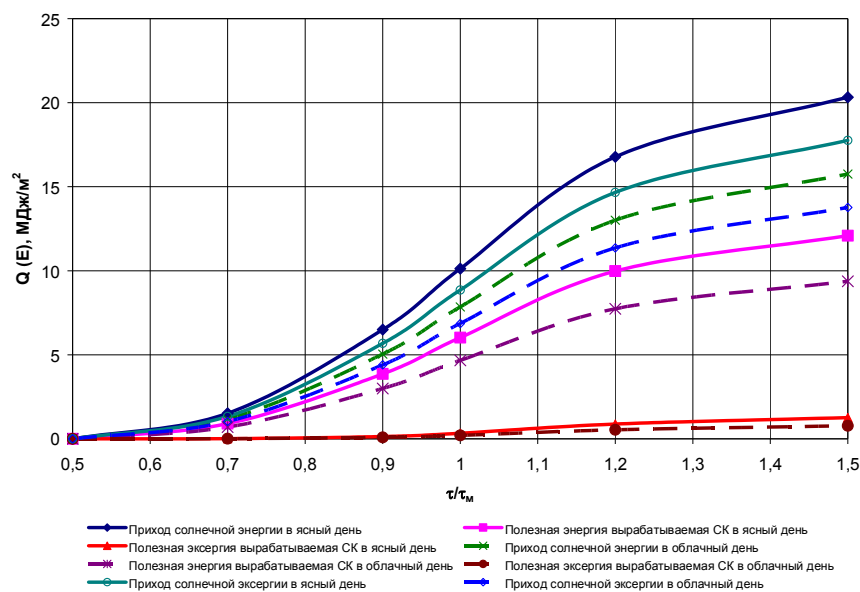


Рис. П.1.22. г. Волгоград средний день июня.

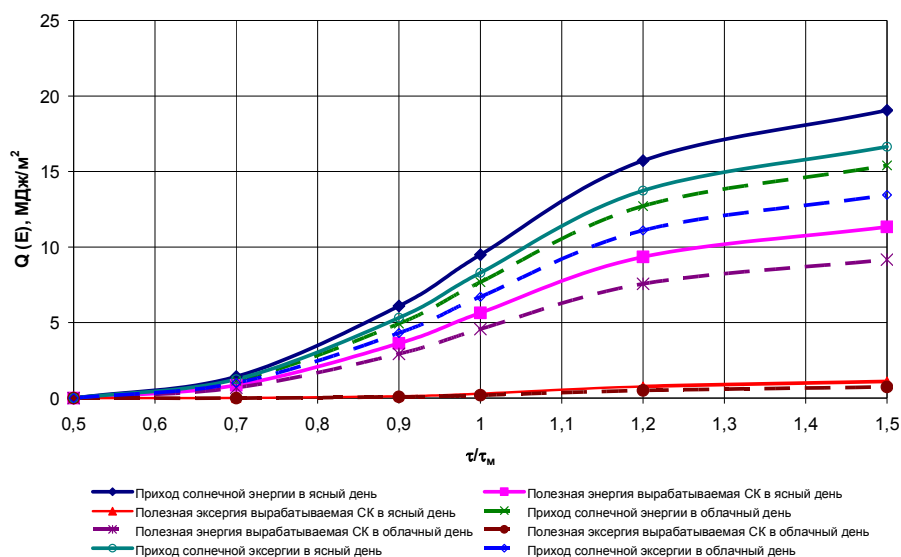


Рис. П.1.23. г. Волгоград средний день июля.

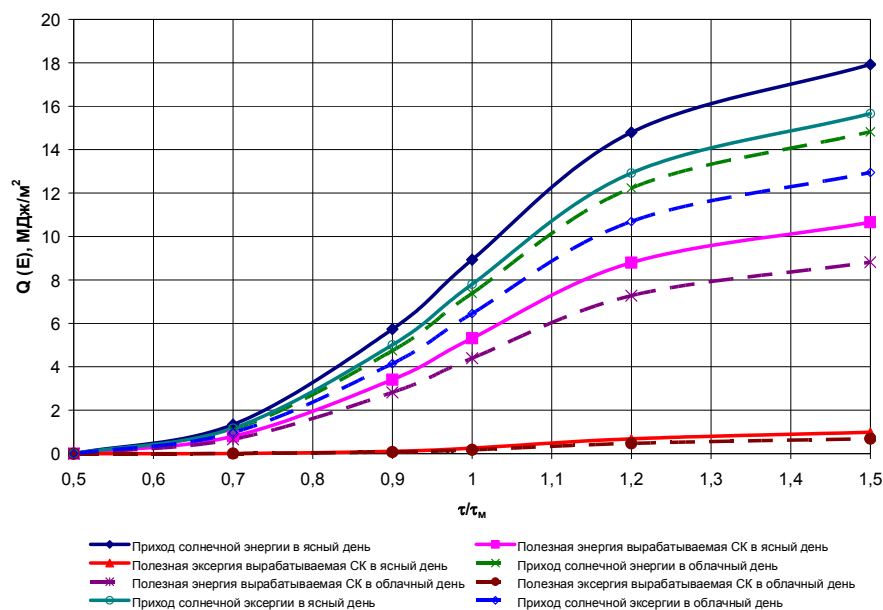


Рис. П.1.24. г. Волгоград средний день августа.

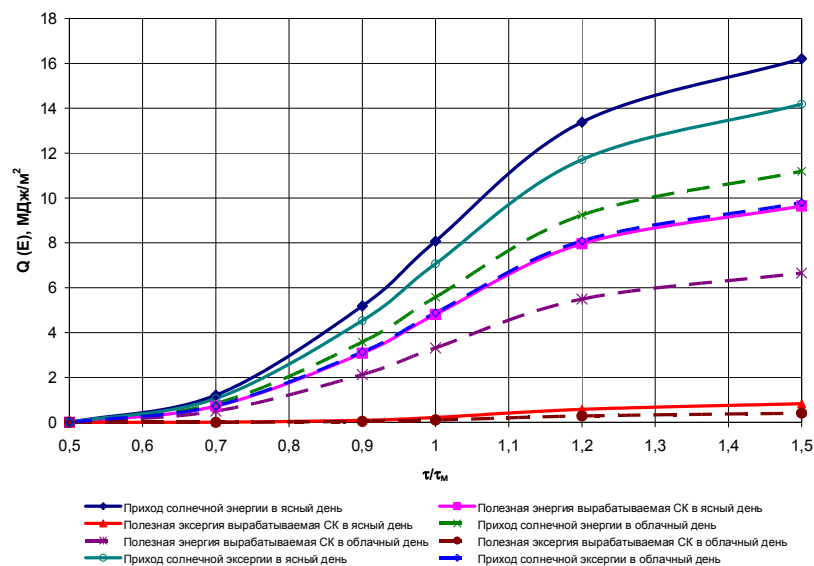


Рис. П.1.25. г. Волгоград средний день сентября.

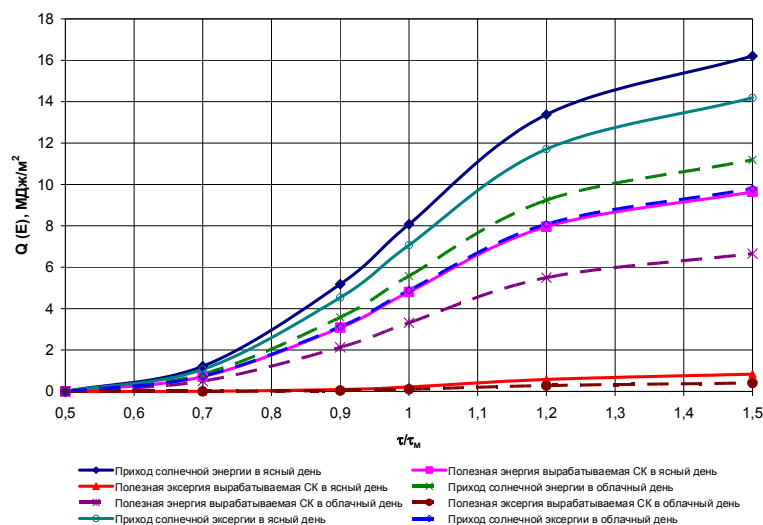


Рис. П.1.26. г. Волгоград средний день октября.

Метеостанция в г. Санкт-Петербурге

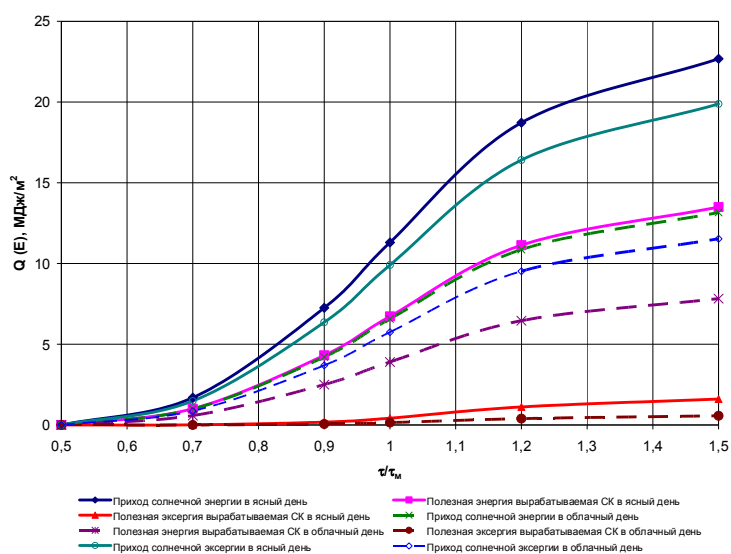


Рис. П.1.27. г. Санкт-Петербург средний день мая.

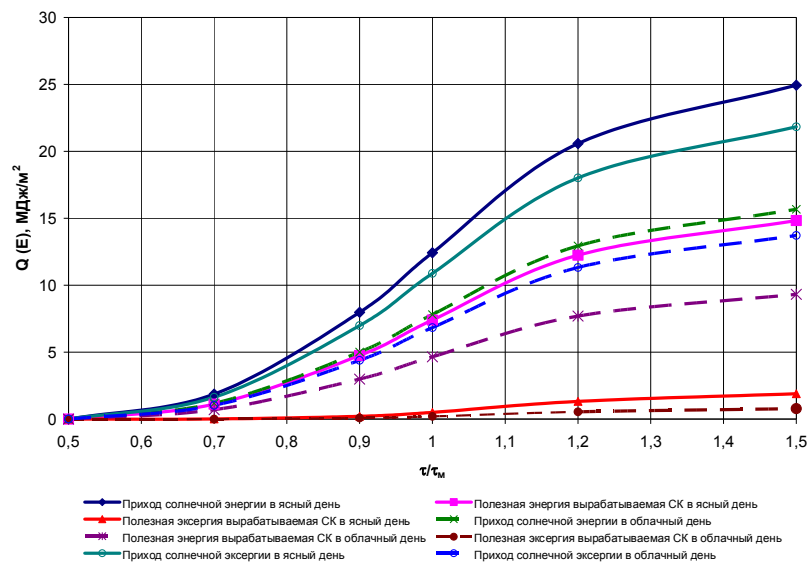


Рис. П.1.28. г. Санкт-Петербург средний день июня.

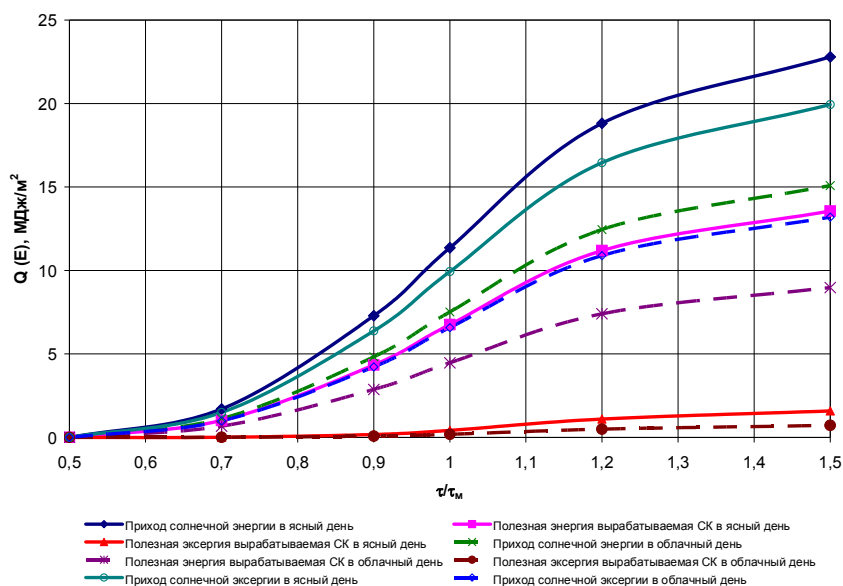


Рис. П.1.29. г. Санкт-Петербург средний день июля.

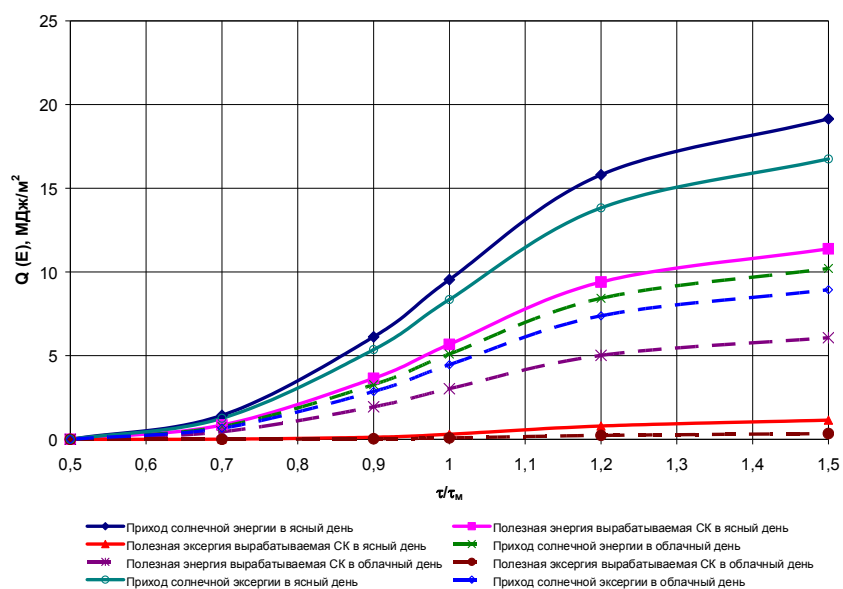


Рис. П.1.30. г. Санкт-Петербург средний день августа.

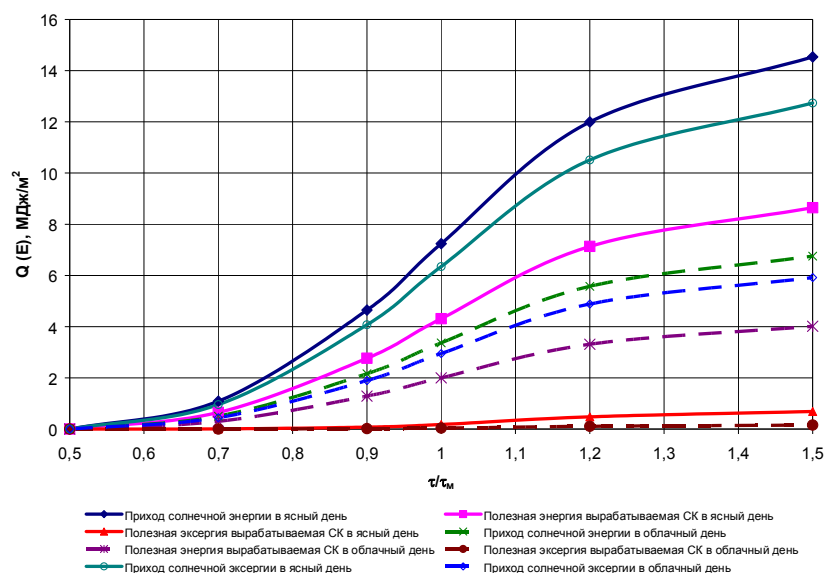


Рис. П.1.31. г. Санкт-Петербург средний день сентября.

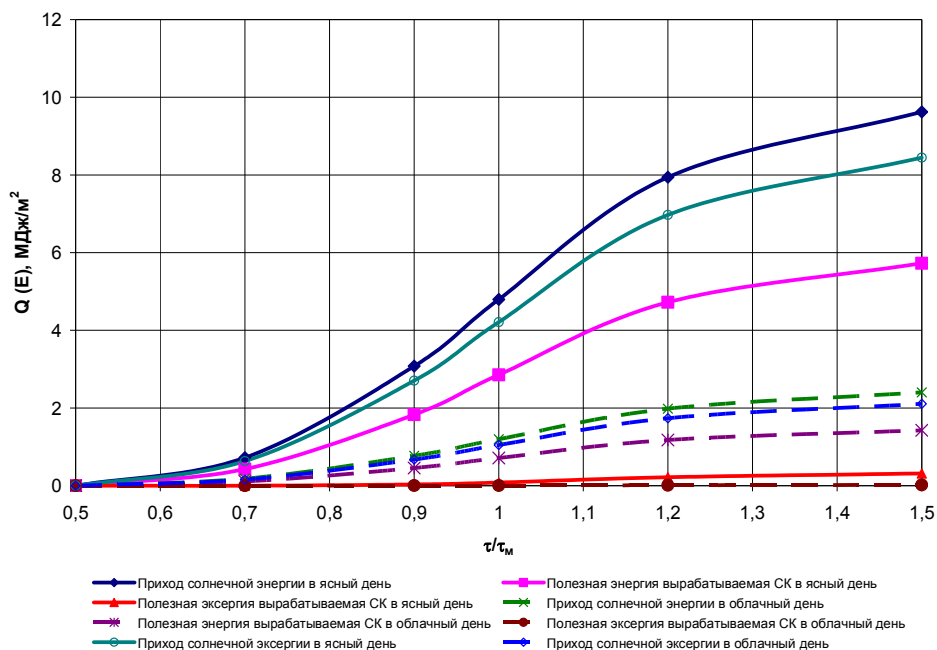


Рис. П.1.32. г. Санкт-Петербург средний день октября.

Однако в силу климатических особенностей в Сочи возможна круглогодичная эксплуатация водогрейной гелиоустановки, в то время как в Волгограде лишь сезонная, по этой причине производительность установки в Сочи значительно выше всех остальных. Интенсивность солнечной радиации в Екатеринбурге и Волгограде в летний период принимает близкие значения с разницей менее 5% и существенно выше в Волгограде в осенне-весенний и зимний период, кроме того, в летний период в Екатеринбурге наблюдается большее количество пасмурных дней. В Санкт-Петербурге в силу его географического положения приход солнечной радиации даже в летний период

существенно меньше, чем в остальных городах, кроме того, там наблюдается высокий уровень облачности в течение года. Этими фактами обусловлены расчетные значения прихода энергии и эксергии, а также энергетическая производительность водогрейной гелиоустановки.

Эксергетическая производительность установки составляет 8 – 10% от ее энергетической производительности. Это вызвано относительно низкой температурой нагрева воды в баке-аккумуляторе (до 60 °С) за один цикл, т. е. за сутки. Не смотря на то, что энергетическая производительность водогрейной гелиоустановки в Волгограде на 11% выше, чем в Екатеринбурге их эксергетические производительности практически равны. Это связано с тем, что в Волгограде выше среднемесячные температуры окружающей среды, которые использовались при расчете эксергии.

2. Экономическая эффективность водогрейной гелиоустановки

Определяющим фактором, влияющим на выбор того или иного технического решения при создании энергетической установки, является экономическая эффективность проекта. Основная проблема широкого использования солнечных тепловых установок связана с их экономической эффективностью и конкурентоспособностью по сравнению с традиционными системами, что определяется более высокой стоимостью энергии, вырабатываемой солнечными установками, чем получаемой при использовании традиционных топлив. Необходимо также учитывать постоянный мировой рост цен на материалы, что в совокупности с повышенной материалоемкостью солнечных коллекторов, неизбежно ведет к их удорожанию. В сегодняшних условиях цены на энергоносители имеют нерегулярный характер, постоянно возрастают и не равномерны по регионам России, прежде всего, из-за условий транспортировки. Поэтому решение вопроса об экономической целесообразности и эффективности использования солнечных коллекторов сильно зависит от местных социально-экономических и географических условий, а также от климатических данных по приходу солнечной энергии, по температуре и другим параметрам окружающей среды.

Для оценки экономического эффекта от использования солнечных коллекторов были приняты следующие условия:

- в составе гелиоустановки используются солнечные коллекторы производства ОАО «Каменск-Уральский металлургический завод» с известными техническими характеристиками;

- гелиоустановка имеет дублирующий источник энергии, обеспечивающий тепловую нагрузку в периоды нехватки или отсутствия солнечного излучения, а также в период, когда установка не эксплуатируется;
- гелиоустановка обеспечивает нагрузку горячего водоснабжения, которая постоянна в течение года и равна 2 м³/сут. воды с температурой 55 °С, температура холодного источника, поскольку солнечные коллекторы используются в теплое время года, принята равной 10°С;
- климатические характеристики территории известны.

Для предварительной оценки из соотношений была получена зависимость производительности солнечного коллектора от суточного поступления солнечной энергии (рис. П.1.33)

$$V_{ГВ} = \frac{0,915 Q_{\text{приход}}^{\text{день}} F_{\kappa} \eta_{\text{м}}}{c_p \rho_{\bar{T}} (T_2 - T_1)} \cdot 10^3 \text{ (л/сут.)}.$$

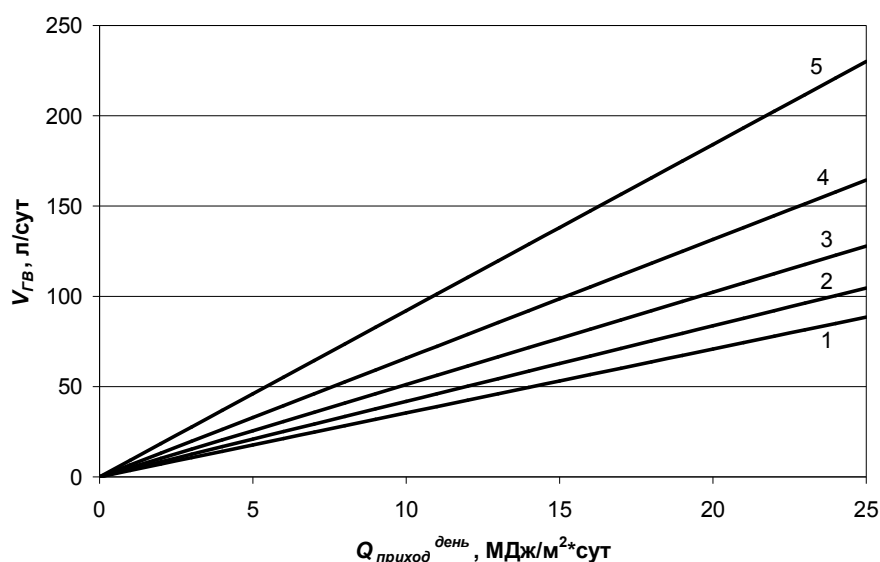


Рис.П.1.33. Зависимость производительности гелиоустановки с одним СК от суточного поступления солнечной энергии на коллектор. 1, 2, 3, 4, 5 – соответствуют (T_2-T_1) равным 25, 35, 45, 55 и 65 °С.

Для оценки сравнительной эффективности использования солнечных коллекторов и установок на их основе для технологий производства этанола на разных территориях РФ, гелиоустановка имела одно и то же количество солнечных коллекторов, которое определялось по f -методике [5] - [7] из расчета 100% обеспечения тепловой нагрузки в ясный день в июне месяце на территории с самой низкой интенсивностью солнечной радиации в течение года (г. Санкт-Петербург).

Месячная доля солнечной энергии в покрытии тепловой нагрузки определялась по формуле:

$$f_m = \frac{Q_{СК}^{месяц}}{Q_{ГВ}^{месяц}},$$

где $Q_{СК}^{месяц}$ - месячное количество теплоты, отпускаемое потребителю гелиоустановкой;
 $Q_{ГВ}^{месяц}$ - месячная тепловая нагрузка горячего водоснабжения. По результатам расчетов доли солнечной энергии в покрытии отопительной нагрузки за каждый месяц f_m , определялась эта доля за период эксплуатации f_n в течение года.

Экономия органического топлива за период эксплуатации определялась по формуле

$$\Delta B = \frac{f_n Q_{ГВ}^{период}}{Q_n^p \eta_{ТГ}},$$

где $Q_{ГВ}^{период}$ - тепловая нагрузка горячего водоснабжения за период эксплуатации; Q_n^p - низшая теплота сгорания топлива; $\eta_{ТГ}$ - КПД дублирующего источника энергии, принимался равным 0,9. Результаты расчетов приведены в таблице П.1.2.

Таблица П.1.2. Результаты расчетов доли солнечной энергии в покрытии отопительной нагрузки f_n и экономии топлива ΔB за период эксплуатации в течение года.

Параметр	Екатеринбург	Сочи	Волгоград	Санкт-Петербург
Период эффективного использования	Апрель-Сентябрь	Круглый год	Апрель-Октябрь	Май- Октябрь
Доля солнечной энергии в покрытии тепловой нагрузки за период f_n	0,70	0,53	0,67	0,63
Экономия органического топлива за период, кг у. т.	1821	2742	2043	1653
Экономия органического топлива за период, % от годового потребления	34,92	52,57	39,17	31,69

Стоимость водогрейной гелиоустановки оценивалась в ценах 2009 г. Затраты на строительно-монтажные работы (СМР) учитывались при помощи поправочного коэффициента $k_{СМР}=1,2$. Результаты расчета приведены в таблице П.1.3., стоимость

гелиоустановки с учетом СМР составила 165605 руб., на долю солнечных коллекторов приходится 81,2% от стоимости установки.

Таблица П.1. 3. Результаты расчета стоимости водогрейной гелиоустановки.

Наименование	Кол-во	Удельная стоимость	Стоимость, руб.	Процент от общей сумм
Солнечный коллектор	16 шт.	7000 р/шт.	112000	81,2
Бак пластиковый объемом 1м ³	2	3000 р/шт.	6000	4,3
Труба пластиковая	40 м	140 р/м	5600	4,1
Уголок стальной	124 м	115 р/м	14260	10,3
Теплоизоляция	0,12 м ³	1200 р/м ³	144	0,1
ИТОГО:			138004	100
ИТОГО с учетом СМР:			165605	

Срок экономической окупаемости водогрейной гелиоустановки определялся по отношению к стоимости энергии от традиционного источника по формуле [8]

$$\tau_{\text{эк}}^{\text{ок}} = \frac{K_{\text{СК}} - K_{\text{ТГ}}}{(Q_{\text{СК}}^{\text{период}} C_{\text{ТГ}} - I_{\text{э}})},$$

где $K_{\text{СК}}$ - капитальные вложения (стоимость) при создании водогрейной гелиоустановки; $K_{\text{ТГ}}$ - капитальные затраты на дублирующий источник энергии; $C_{\text{ТГ}}$ - стоимость энергии от традиционного источника; $I_{\text{э}}$ - издержки эксплуатации.

Расчет производился для четырех случаев. В первом случае дублирующим источником теплоты являлась централизованная тепловая сеть из которой потребитель получал тепло по цене 750 руб./Гкал. Во втором случае дублирующим источником был электродкотел при стоимости электроэнергии 1,60 руб./кВт·ч и $\eta_{\text{ТГ}}=0,95$. В третьем газовый котел при стоимости газа 2,86 руб./м³ (уровень цен для населения в России). В четвертом случае газовый котел при стоимости газа 300 долл. США за 1000 м³, что примерно равно 7,5 руб./м³ (уровень мировых цен на газ). Капитальные затраты на газовый и электрический котел брались равными 10000 руб. Издержки на эксплуатацию гелиоустановки считались пренебрежимо малыми. Результаты расчетов приведены в таблице П.1.4.

Таблица П.1.4. Сводные результаты расчетов сроков экономической окупаемости водогрейной гелиоустановки для различных регионов РФ.

Срок экономической окупаемости, лет	Екатеринбург	Сочи	Волгоград	Санкт-Петербург
Централизованная тепловая энергия	16,25	12,44	16	20,93
Электрический котел	4,85	2,44	4,15	4,8
Газовый котел (российский уровень цен)	23	12	20,56	23,16
Газовый котел (мировой уровень цен)	9,04	4,53	7,73	8,99

Как видно из таблицы П.1.4 малый срок экономической окупаемости равный 2,44 года наблюдается в г. Сочи по сравнению с электрическим котлом, а также 4,53 года по сравнению с газовым котлом при мировом уровне цен на топливо. В нашей стране происходит рост цен на углеводороды и стремление их к мировому уровню, поэтому экономическая эффективность установок возобновляемой энергетики имеет тенденцию к увеличению.

В структуре стоимости водогрейной гелиоустановки стоимость солнечных коллекторов составляет 81,2%, поэтому срок экономической окупаемости можно понизить, снижая их цену.

Необходимо отметить, что при расчете срока экономической окупаемости относительно газового котла не учитывалась стоимость подвода газа к потребителю, которая, на сегодняшний день, сопоставима, а в ряде случаев может и превышать стоимость водогрейной гелиоустановки. Если принимать во внимание эту величину, которая зависит от конкретных условий у потребителя, то срок экономической окупаемости может снизиться в разы, а экономический эффект от внедрения станет положительным. Аналогичная ситуация может наблюдаться как в случае с централизованным теплоснабжением, так и в случае с электродотом.

3. Возможные объемы производства этанола

В таблице П.1.5 приведены обобщенные характеристики потребления тепловой энергии технологиями получения топливного этанола из различных видов возобновляемых биомасс.

Таблица П.1.5 - Обобщенные характеристики потребления тепловой энергии

№	Тип сырья	Энергетические затраты, МДж/кг	Время процессов, час
1	Сахаросодержащие культуры	13	127,5
2	Зерновые культуры	19	128
3	Картофель	17,7	130
4	Древесина	32,5	282,65

Принимая объемы производства тепловой энергии за период использования установки из табл. П.1.1 определим объем полученной продукции в кг/год с использованием солнечного коллектора площадью 1 кв. м. (Таблица П.1.5).

Таблица П.1.5. Объем полученной продукции в кг/год с использованием солнечного коллектора площадью 1 кв. м.

№	Тип сырья	Екатеринбург	Сочи	Волгоград	С.Петербург
1	Сахаросодержащие культуры	231	346	261	208
2	Зерновые культуры	158	237	179	142
3	Картофель	167	250	189	150
4	Древесина	91	136	103	82

Заключение

Для небольшой установки, состоящей из 16 солнечных коллекторов общей площадью 32 кв.м (табл. П.1.3.) для условий г.Екатеринбурга расчетный годовой объем производства этанола составит (картофельное сырье) – 2672 кг/год. При стоимости технического этанола 89 руб/кг (ОАО «Химпродукция», 2010 г.) стоимость продукции составит 237 тыс. руб. Учитывая оптовую стоимость сырья (10 руб/кг) и прочие затраты в объеме 25% от стоимости продукции- годовой доход составит свыше 170 тыс. руб.

Принимая капитальные затраты на оптимизированную установку (по данным табл. П1.3) в размере **165605 руб.**, получаем значения периода окупаемости капитальных вложений $T_{ок} < 1$ года.

ОТЧЕТ О ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ
ЭТАНОЛА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОЛНЕЧНЫХ КОНЦЕНТРАТОРОВ

Введение

Стенд на основе солнечных концентраторов предназначен для получения тепловой энергии для обеспечения технологических процессов получения топливного этанола требующих высоких температур (дистилляция и ректификация).

1. Энергетическая и эксергетическая эффективность солнечных концентраторов

Расчет производительности солнечного концентратора за месяц осуществлялся по методике, аналогичной, рассмотренной ранее в приложении 1.

Особенностью работы солнечного концентратора является то, что он вырабатывает тепловую энергию высокого потенциала, т. е. температура нагрева теплоносителя превышает 100 °С, а в большинстве случаев колеблется в районе 100 – 150 °С. Поэтому важно оценить качество вырабатываемой им энергии. Аналогично П.1 применим для этого методы эксергетического анализа.

В приемниках солнечного излучения осуществляется передача эксергии солнечной радиации теплоносителю, но для анализа эффективности этого процесса достаточно знать эксергию не излучающего тела (Солнца), а эксергию радиации $E_{\text{приход}}$, достигающей поверхности солнечного концентратора. Шаргут и Петела [2, 3] предложили определять плотность потока эксергии солнечной радиации $E_{\text{приход}}$ по формуле

$$E_{\text{приход}} = \phi_e \cdot Q_{\text{приход}},$$

где

$$\phi_e = \frac{E_{\text{приход}}}{Q_{\text{приход}}} = 1 - \frac{1}{3} \cdot \frac{T_0}{T_c} \cdot \left[4 - \left(\frac{T_0}{T_c} \right)^3 \right]$$

есть отношение плотностей потоков эксергии $E_{\text{приход}}$ и энергии $Q_{\text{приход}}$ солнечной радиации, достигающей поверхности концентратора; T_0 - абсолютная температура окружающей среды; $T_c = 6000$ К – абсолютная эффективная температура поверхности фотосферы солнца.

Эксергия теплоты, вырабатываемой солнечным концентратором, определялась по формуле:

$$E_{\text{СК}} = Q_{\text{СК}} (\tau / \tau_m) \cdot \left[1 - \frac{T_0}{T_{\text{бак}}(\tau)} \right],$$

где $Q_{СК}(\tau/\tau_m)$ - энергия вырабатываемая солнечным концентратором, $T_{бак}(\tau)$ - температура теплоносителя в аккумуляторе.

Для определения температуры теплоносителя в аккумуляторе $T_{бак}$ составлено уравнение теплового баланса:

$$c_p \rho V_{бак} \frac{d(T_{бак}(\tau) - T_0)}{d(\tau/\tau_m)} = Q_{СК}(\tau/\tau_m) - kF_{бак}(T_{бак}(\tau) - T_0),$$

где c_p , ρ - теплоемкость и плотность теплоносителя, $V_{бак}$, $F_{бак}$ - объем и площадь поверхности аккумулятора, k - коэффициент теплопередачи.

Из уравнения было получено выражение

$$T_{бак}(\tau) = T_0 + (c_p \rho V_{бак})^{-1} \cdot \exp\left(-\frac{kF_{бак}}{c_p \rho V_{бак}} \cdot \tau_m \cdot \left[\frac{\tau}{\tau_m} - 0,5\right]\right) \cdot Q_{СК}(\tau/\tau_m).$$

На рисунке П.2.1 приведены результаты расчетов производства энергии солнечным концентратором, а также выработки эксергии. При расчетах эксергии за температуру окружающей среды бралась среднемесячная температура. Как видно из рисунка, выработка эксергии несколько ниже, чем выработка энергии однако почти в 2 раза выше, чем производство эксергии солнечным коллектором.

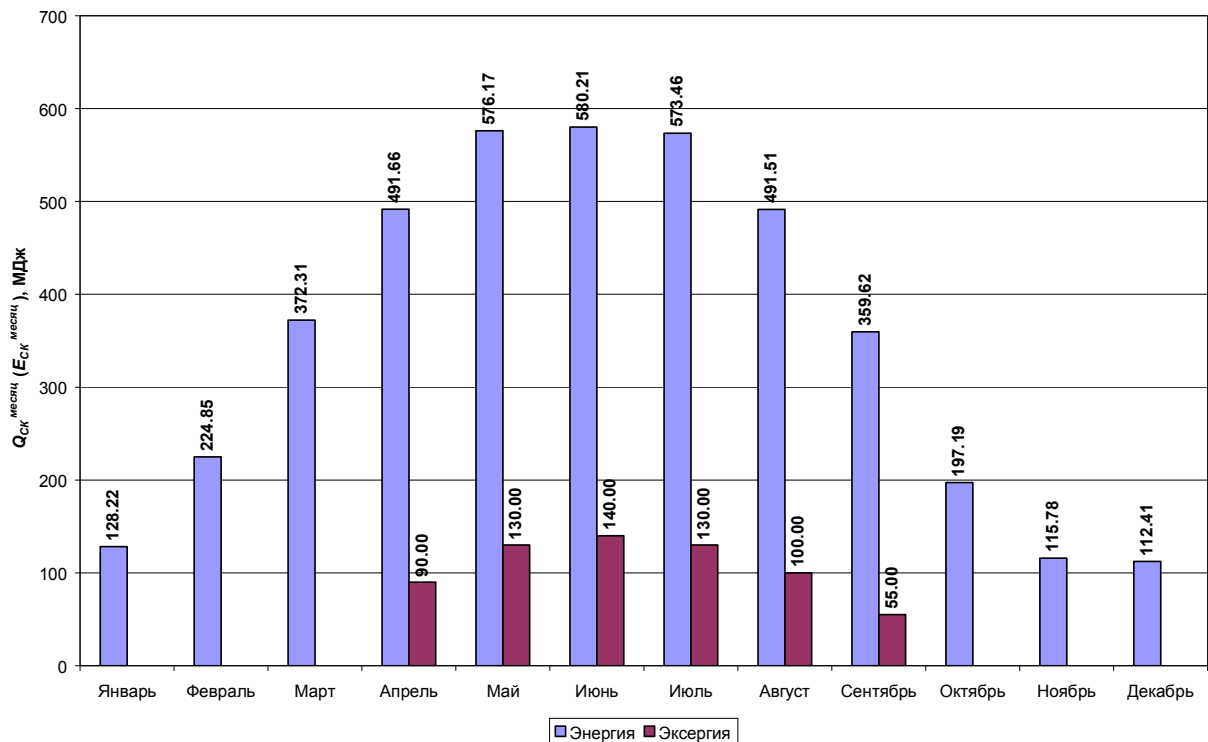


Рисунок П.2.1. Изменение производства энергии и эксергии солнечным концентратором в течение года [4].

Пользуясь данной методикой [4] построены зависимости изменения суммы прихода солнечной энергии и эксергии на поверхность коллектора, а также суммы полезной энергии и эксергии, вырабатываемой солнечным концентратором в течение среднего дня месяца, для ряда городов РФ.

Результаты расчета производительности солнечного коллектора за год для условий ряда населенных пунктов РФ представлены в таблице П.2.1.

Таблица П.2.1. Расчетная производительность солнечных концентраторов для различных городов РФ.

Параметр	Екатеринбург	Сочи	Волгоград	Санкт-Петербург
Координаты:				
северная широта	56° 51'	43° 50'	48° 44'	59° 55'
восточная долгота	60° 36'	39° 40'	44° 25'	30° 15'
Приход энергии на поверхность концентратора за год, МДж/м ²	4493,12	4868,09	4834,21	4034,15
Возможная выработка энергии концентратором за год, МДж (КПД 0.8)	3600	4526	3800	3200

В отличие от плоских солнечных коллекторов для концентраторов с вакуумной тепловой изоляцией и теплоприемником тепловой трубой возможна круглогодичная эксплуатация гелиоустановки. Этими фактами обусловлены более высокие значения прихода энергии и эксергии, а также энергетическая производительность гелиоустановки с солнечными концентраторами.

Эксергетическая производительность установки составляет 16 – 20% от ее энергетической производительности. Это вызвано более высокой температурой теплоносителя (до 150 °С).

2. Экономическая эффективность гелиоустановки на база концентраторов с вакуумной тепловой изоляцией и теплоприемником - тепловой трубой.

Для оценки экономического эффекта от использования солнечных концентраторов с вакуумной тепловой изоляцией и теплоприемником тепловой трубой были приняты следующие условия:

- в составе гелиоустановки используются солнечные концентраторы производства УрФУ;
- климатические характеристики территории известны.

Стоимость солнечных концентраторов с вакуумной тепловой изоляцией и теплоприемником тепловой трубой оценивалась в ценах 2010 г. Затраты на строительно-монтажные работы (СМР) учитывались при помощи поправочного коэффициента $k_{СМР}=1,2$. Результаты расчета приведены в таблице П.2.2., стоимость гелиоустановки с учетом СМР составила 165605 руб., на долю солнечных концентраторов приходится 25% от стоимости установки.

Таблица П.2. 2. Результаты расчета стоимости водогрейной гелиоустановки.

Наименование	Кол-во	Удельная стоимость	Стоимость, руб.
Солнечный концентратор с вакуумной тепловой изоляцией и теплоприемником тепловой трубой	1 шт.	5000 р/шт.	5000
Аккумулятор тепла 0,2 м ³	1	15000 р/шт.	5000
Труба стальная	10 м	200 р/м	2000
Уголок стальной	10 м	115 р/м	1150
Теплоизоляция	0,1 м ³	1200 р/м ³	112
ИТОГО:			17262
ИТОГО с учетом СМР:			20714

Срок экономической окупаемости водогрейной гелиоустановки определялся по отношению к стоимости энергии от традиционного источника по формуле [8]

$$\tau_{\text{эк}}^{\text{ок}} = \frac{K_{\text{СК}} - K_{\text{ТГ}}}{(Q_{\text{СК}}^{\text{период}} C_{\text{ТГ}} - I_{\text{э}})},$$

где $K_{СК}$ - капитальные вложения (стоимость) при создании водогрейной гелиоустановки;
 $K_{ТГ}$ - капитальные затраты на дублирующий источник энергии; $C_{ТГ}$ - стоимость энергии от традиционного источника; $I_{э}$ - издержки эксплуатации.

Расчет производился для четырех случаев. В первом случае дублирующим источником теплоты являлась централизованная тепловая сеть из которой потребитель получал тепло по цене 750 руб./Гкал. Во втором случае дублирующим источником был электродкотел при стоимости электроэнергии 1,60 руб./кВт·ч и $\eta_{ТГ}=0,95$. В третьем газовый котел при стоимости газа 2,86 руб./м³ (уровень цен для населения в России). В четвертом случае газовый котел при стоимости газа 300 долл. США за 1000 м³, что примерно равно 7,5 руб./м³ (уровень мировых цен на газ). Капитальные затраты на газовый и электрический котел брались равными 10000 руб. Издержки на эксплуатацию гелиоустановки считались пренебрежимо малыми. Результаты расчетов приведены в таблице П.2.3.

Таблица П.2.3. Сводные результаты расчетов сроков экономической окупаемости водогрейной гелиоустановки для различных регионов РФ.

Срок экономической окупаемости, лет	Екатеринбург	Сочи	Волгоград	Санкт-Петербург
Централизованная тепловая энергия	13	10	13	17
Электрический котел	4	2	3,4	4
Газовый котел (российский уровень цен)	19	10	17	19
Газовый котел (мировой уровень цен)	7,5	3,8	6,5	7,5

Как видно из таблицы П.2.3 малый срок экономической окупаемости равный 2 годам наблюдается в г. Сочи по сравнению с электрическим котлом, а также 3,8 года по сравнению с газовым котлом при мировом уровне цен на топливо.

Необходимо отметить, что при расчете срока экономической окупаемости для газового котла не учитывалась стоимость подвода газа к потребителю, которая, на

сегодняшний день, сопоставима, а в ряде случаев может и превышать стоимость водогрейной гелиоустановки.

3. Возможные объемы производства этанола.

В таблице П.2.4 приведены обобщенные характеристики потребления тепловой энергии технологиями получения топливного этанола из различных видов возобновляемых биомасс.

Таблица П.2.4 - Обобщенные характеристики потребления тепловой энергии

№	Тип сырья	Энергетические затраты, МДж/кг	Время процессов, час
1	Сахаросодержащие культуры	13	127,5
2	Зерновые культуры	19	128
3	Картофель	17,7	130
4	Древесина	32,5	282,65

Принимая объемы производства тепловой энергии за период использования установки (из табл. П.2.1) определим объем полученной продукции в кг/год с использованием солнечного коллектора площадью 1 кв. м.

№	Тип сырья	Екатеринбург	Сочи	Волгоград	С.Петербург
1	Сахаросодержащие культуры	277	346	300	243
2	Зерновые культуры	190	237	200	158
3	Картофель	200	250	217	175
4	Древесина	109	136	119	96

Закключение.

Для небольшой установки, состоящей из 1- го солнечного концентратора с вакуумной тепловой изоляцией и теплоприемником - тепловой трубой, общей площадью 1 кв.м (табл. П.2.2.) для условий г.Екатеринбурга расчетный годовой объем производства этанола составит (картофельное сырье) – 200 кг/год. При стоимости технического этанола 89 руб/кг (ОАО «Химпродукция», 2010 г.) стоимость продукции составит 17,9 тыс. руб. Учитывая оптовую стоимость сырья (10 руб/кг) и прочие затраты в объеме 25% от стоимости продукции- годовой доход составит свыше 13 тыс. руб.

Принимая капитальные затраты на оптимизированную установку (по данным табл.

П 2.2) в размере **20714 руб.**, получаем значения периода окупаемости капитальных вложении $T_{ок} < 2$ лет.

Следует отметить, что в данной установке применяется дорогостоящий тепловой аккумулятор фазового перехода, что несколько удорожает технологию, однако позволяет получать и сохранять высокотемпературную тепловую энергию и обеспечивать всесезонную работу технологии.

**Отчет о технико- экономической оценке эффективности использования
гидроэнергетических установок для получения топливного этанола**

1. Критерии эффективности проектов размещения мини ГЭС на ГТС существующих водохранилищ.

Оценка экономической эффективности инвестиционных проектов основана на расчете критериев эффективности, основные из которых следующие.

- чистая текущая стоимость;
- рентабельность инвестиций;
- внутренняя норма прибыли;
- период окупаемости инвестиций.

Чистая текущая стоимость (net present value) - NPV, определяется как разница между суммой денежных поступлений от реализации проекта, приведенных к нулевому моменту времени, и суммой дисконтированных затрат, необходимых для реализации этого проекта:

$$NPV = \frac{CF_1}{(1+k)^1} + \frac{CF_2}{(1+k)^2} + \dots + \frac{CF_n}{(1+k)^n} - I_0 = \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+k)^t} - I_0, \quad (1)$$

где I_0 (от «investment») - сумма первоначально вложенных в проект средств;

CF_t (от «cash flow») - поступление денежных средств (денежный поток) в конце периода t ;

K - дисконтная ставка, т.е. ожидаемая прибыльность (рентабельность) инвестиционного проекта.

Дисконтную ставку K удобно оценивать по уровню доходности, обеспечиваемому (такими финансовыми институтами, как банки, финансовые и страховые компании и т.п.)

Если $NPV > 0$, то при реализации данного проекта или технологии рыночная стоимость предприятия возрастет, т.е. инвестирование улучшает финансовое положение кампании, а проект можно оценивать как приемлемый.

Однако специфика российской ситуации заключается в том, что инвестиции осуществляется не одномоментно, а по частям, на протяжении нескольких месяцев или даже лет. Иначе говоря, инвестиционный проект чаще всего предполагается не по схеме «разовые затраты – длительная отдача», а по схеме «длительные затраты – длительная отдача». Поэтому выражение (11) получает следующий вид:

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+k)^t} - \sum_{t=1}^n \frac{I_t}{(1+k)^t} \quad (2)$$

где I_t – объем инвестиций в период t .

Рентабельность инвестиций (profitability index) – PI, позволяет определить, в какой мере возрастает ценность фирмы (т.н. «богатство инвестора») в расчете 1 рубль инвестиций:

$$PI = \frac{\left[\sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+k)^t} \right]}{I_0} \quad (3)$$

С учетом рассмотренной выше российской ситуации с показателем NPV, когда действует схема «длительные затраты – длительная отдача», получаем следующее выражение:

$$PI = \frac{\left[\sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+k)^t} \right]}{\left[\sum_{t=1}^n \frac{I_t}{(1+k)^t} \right]} \quad (4)$$

При расчетах согласно (4) показатель рентабельности инвестиций в какой-либо проект в литературе могут иногда обозначать аббревиатурой BCR (benefit-cost-ratio), т.е. коэффициент «доход – издержки».

Если $NPV > 0$, то $PI > 1$, а когда $NPV < 0$, то $PI < 1$. Следовательно, при $PI > 1$ инвестиции в проект (технология) оправдывают себя.

Внутренняя норма прибыли (или **внутренний коэффициент доходности инвестиций**) – internal rate of return – IRR – это уровень доходности средств, направленных на достижение целей инвестиционного проекта. Другими словами, IRR – это то значение K в выражениях (1) – (4), при котором $NPV = 0$.

IRR показывает максимально допустимый относительный уровень расходов, которые могут быть связаны с данным проектом.

Например, если финансирование проекта осуществляется полностью за счет кредита коммерческого банка, то значение IRR определяет верхнюю границу допустимого

уровня процентной ставки банка, при превышении которого проект становится убыточным.

Недостаток критерия IRR в том, что его нельзя использовать при анализе инвестиционных проектов с неординарными потоками платежей. В ординарном инвестиционном проекте один или несколько оттоков сменяются серией поступлений денежных средств. Поток становится неординарным, если отток денежных средств предполагается в ходе реализации или по окончании проекта. Поэтому при анализе неординарного потока возникает проблема множественности значений IRR, т.к. уравнение $NPV=0$ может иметь n различных корней, где n – число лет реализации проекта.

Для анализа эффективности инвестиционных проектов с неординарными потоками платежей используется показатель MIRR (modified IRR), определяемый из уравнения:

$$\sum_{t=0}^n \frac{I_t}{(1 + t)^t} = \frac{\sum CF_t (1 + k)^{(n-t)}}{(1 + MIRR)^n} \quad (5)$$

Если все инвестиции осуществляется при $t=0$, а первый приток имеет место при $t=1$, то уравнение (1) принимает вид:

$$I_o = \frac{\sum_{t=0}^n CF_t (1 + k)^{(n-t)}}{(1 + MIRR)^n} \quad (6)$$

Период окупаемости инвестиций (payback period) – PP. Это срок окупаемости, по достижении которого сумма нарастающим итогом денежных поступлений сравнивается с суммой первоначальных инвестиций. Формула расчета PP:

$$PP = \frac{I_o}{CF_t^{(\Sigma)}} \quad (7)$$

где $CF_t^{(\Sigma)}$ – годовая сумма денежных поступлений от реализации инвестиционного проекта.

Учет инфляционного фактора может быть осуществлен при переходе от реальной ставки доходности к номинальной процентной ставке. При этом осуществляется двойное дисконтирование денежных объёмов с учетом реальной ставки и темпов инфляции.

Номинальная процентная ставка определяется из уравнения:

$$(1 + K) = (1 + k)(1 + h), \quad (11)$$

где K – номинальная ставка доходности;

k – реальная ставка доходности;

h – темп инфляции.

При расчетах следует учитывать, что K , k и h относятся к одному и тому же периоду времени. Решая (6) относительно K , получаем, что

$$K = k + (h + k \cdot h), \quad (12)$$

где $(h + k \cdot h)$ - инфляционная премия.

Номинальная ставка доходности применяется при анализе инвестиционных проектов для дисконтирования потоков платежей, а также как база для сравнения с внутренней нормой доходности проекта IRR (MIRR).

Предварительная коррекция денежных потоков производится по формуле:

$$CF_t = cf_t \cdot (1 + h)^t, \quad (13)$$

где cf_t - ожидаемый реальный чистый доход в период (момент) времени t ;

CF_t - **ожидаемый номинальный чистый доход в момент времени t .**

2. Технико-экономическая оценка эффективности использования миниГЭС

в технологиях получения топливного этанола.

Для целей предварительного анализа инвестиционных показателей не учитывались налоговые платежи и эксплуатационные расходы мини ГЭС.

Результаты расчетов приведены в табл. П 3.1

Заключение.

Анализ полученных результатов показывает, что практически для всех рассмотренных ГТС

- чистая текущая стоимость > 0 ;
- рентабельность инвестиций > 1 ;
- внутренняя норма прибыли изменяется в диапазоне от 128 до 46;
- период окупаемости инвестиций изменяется в диапазоне от 7 мес. до 2-х лет.

Приведенные данные свидетельствуют о высокой эффективности инвестиций в реконструкцию и сооружение мини и микро ГЭС в створах плотин ГТС области и о наличии реальной возможности использования энергии ГЭС для реализации социально-значимых но энергоемких производств.

Таблица П.3.1

Река - пункт	Мощность кВт	Энергопроизв. млн.кВт*ч/год	Удел.кап. вл., руб/кВт	Кап. вложения млн. руб.	Годов. привед. затр, млн.руб	Себест., руб/кВт*ч	Период окуп. мес.	NPV млн. руб.	CF млн. руб.	PI	Производство топливного этанола т/год
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Нейва - Алапаевск	1618	14,174	5400	8,737	0,4369	0,034	7	1 114	1 123	128	1E+04
Р. Сосьва – г. Серов	6703	53,586	5400	36,196	1,8098	0,037	8	4 208	4 244	117	5E+04
Р. Тура - г. Верхотурье	4657	37,367	5400	25,148	1,2574	0,037	8	2 934	2 959	118	4E+04
Р. Тура - г. В.Тура	3506	27,684	5400	18,932	0,9466	0,038	8	2 174	2 193	116	3E+04
Р. Исеть - г. Каменск - Уральский	2911	25,497	5400	15,719	0,7860	0,034	7	2 004	2 019	128	3E+04
Р. Бисерть - пгт. Бисерть	2140	17,959	5400	11,556	0,5778	0,035	8	1 411	1 422	123	2E+04
Р. Синячиха - д. Н.Синячиха	1948	16,282	5400	10,519	0,5260	0,036	8	1 279	1 290	123	2E+04
Р. Каква – г. Серов	1850	14,762	5400	9,990	0,4995	0,037	8	1 159	1 169	117	1E+04
Р. Серга – г. Михайловск	1401	11,394	5400	7,565	0,3783	0,037	8	895	902	119	1E+04
Р. Синячиха - пгт. В.Синячиха	1291	10,358	5400	6,971	0,3486	0,037	8	813	820	118	1E+04

Р. Тура – г. Н.Тура	1171	9,171	5400	6,323	0,3162	0,038	8	720	726	115	9E+03
Р. Ляля – г. Новая Ляля	1058	8,363	5400	5,713	0,2857	0,038	8	657	662	116	8E+03
Р. Тагил – г. Н.Тагил	1047	8,427	5400	5,654	0,2827	0,037	8	662	667	118	8E+03
Нейва - пос. Нейво - Шайтанский	964	8,445	6000	5,784	0,2892	0,038	8	663	669	116	8E+03
Р. Рефт – п. Рефтинский	960	6,267	6000	5,760	0,2880	0,051	11	491	496	86	6E+03
Р. Чусовая	859	7,074	6000	5,154	0,2577	0,040	9	555	560	109	7E+03
Р. Ревда – п. Ледянка	743	6,182	6000	4,458	0,2229	0,040	9	485	490	110	6E+03
Р. Тагил - пос. Леневка	721	5,946	6000	4,326	0,2163	0,040	9	467	471	109	6E+03
Р. Пышма - г. Заречный	711	6,228	6000	4,266	0,2133	0,038	8	489	493	116	6E+03
Р. Лобва	701	5,642	6000	4,206	0,2103	0,041	9	443	447	106	6E+03
Р. Б.Шайтанка – г. Первоуральск	685	6,001	6000	4,110	0,2055	0,038	8	471	475	116	6E+03
Р. Баранча - пгт Баранчинский	662	5,449	6000	3,972	0,1986	0,040	9	428	432	109	5E+03
Р. Чусовая – с. В.Макарово	648	5,311	6000	3,888	0,1944	0,040	9	417	421	108	5E+03
Р. Салда - г. В.Салда	617	4,951	6000	3,702	0,1851	0,041	9	388	392	106	5E+03

Р. Исеть - г. Екатеринбург	581	4,621	6000	3,486	0,1743	0,041	9	362	366	105	5E+03
Р. Иргина - д. Нижне - Иргинское	570	4,993	6000	3,420	0,1710	0,038	8	392	395	116	5E+03
Р. Тура - г. Краснотурьинск	532	4,084	6000	3,192	0,1596	0,043	9	320	323	101	4E+03
Р. Выя - г. Качканар	528	4,625	6000	3,168	0,1584	0,038	8	363	366	116	5E+03
Р. Исеть – г. Арамиль	515	4,158	6000	3,090	0,1545	0,041	9	326	329	107	4E+03
Р. Салда – г. Н.Салда	494	3,927	6000	2,964	0,1482	0,042	9	308	311	105	4E+03
Р. Серга – г. Ниж.Серги	436	3,618	6000	2,616	0,1308	0,040	9	284	287	110	4E+03
Р. Реж - г. Реж	421	3,688	6000	2,526	0,1263	0,038	8	290	292	116	4E+03
Руч. Лобвы – пгт Лобва	399	3,495	6000	2,394	0,1197	0,038	8	274	277	116	3E+03
Р. Сысерть – пгт Двуреченск	393	3,220	6000	2,358	0,1179	0,040	9	253	255	108	3E+03
Р. Нейва – с. Петрокаменка	389	3,117	6000	2,334	0,1167	0,041	9	245	247	106	3E+03
Р. Сарана - пгт. Сарана	379	3,320	6000	2,274	0,1137	0,038	8	261	263	116	3E+03
Р. Исеть – пгт Бобровский	374	2,998	6000	2,244	0,1122	0,041	9	235	237	106	3E+03
Р. Колонга – г. Североуральск	372	3,259	6000	2,232	0,1116	0,038	8	256	258	116	3E+03

Р. Каменка - г. Каменск - Уральский	351	3,075	6000	2,106	0,1053	0,038	8	241	244	116	3E+03
Р. Ревда – г. Ревда	349	2,907	6000	2,094	0,1047	0,040	9	228	230	110	3E+03
Р. Ирбит - пгт. Красногвардейский	311	2,725	6000	1,866	0,0933	0,038	8	214	216	116	3E+03
Р. Сухая Утка – пос. Новоуткинск	306	2,681	6000	1,836	0,0918	0,038	8	210	212	116	3E+03
Р. Артя - пгт. Арти	304	2,514	6000	1,824	0,0912	0,040	9	197	199	109	3E+03
Р. Выя	297	2,602	6000	1,782	0,0891	0,038	8	204	206	116	3E+03
Р. Дикая Утка – пгт Староуткинск	291	2,406	6000	1,746	0,0873	0,040	9	189	191	109	2E+03
Р. Б.Именная - г. Лесной	274	2,400	6000	1,644	0,0822	0,038	8	188	190	116	2E+03
Р. Иса - г. В.Салда	257	2,029	6000	1,542	0,0771	0,042	9	159	161	104	2E+03
Р. Исеть - г. Екатеринбург	256	2,052	6000	1,536	0,0768	0,041	9	161	163	106	2E+03
Р. Исеть - г. Екатеринбург	250	2,190	6000	1,500	0,0750	0,038	8	172	173	116	2E+03
Р. Нейва - г. Невьянск	221	1,768	10500	2,321	0,1160	0,072	16	138	140	60	2E+03
Р. Салда – г. В.Салда	220	1,927	10500	2,310	0,1155	0,066	14	150	153	66	2E+03

Р. Рефт - с. Малышево	213	1,715	10500	2,237	0,1118	0,072	16	134	136	61	2E+03
Р. Межевая Утка – г. Висимоуткинск	210	1,840	10500	2,205	0,1103	0,066	14	143	146	66	2E+03
Р. Выя – г. Н.Тагил	206	1,805	10500	2,163	0,1082	0,066	14	141	143	66	2E+03
Р. Тагил - пгт. В.Тагил	199	1,636	10500	2,090	0,1045	0,070	15	127	130	62	2E+03
Р. Сысерть – г. Сысерть	194	1,699	10500	2,037	0,1019	0,066	14	133	135	66	2E+03
Р. Шайтанка – п. Висим	192	1,682	10500	2,016	0,1008	0,066	14	131	133	66	2E+03
Р. Павда – п. Павда	190	1,664	10500	1,995	0,0998	0,066	14	130	132	66	2E+03
Р. Сысерть – д. Кашино	179	1,568	10500	1,880	0,0940	0,066	14	122	124	66	2E+03
Р. Нейва - с. Быньги	178	1,402	10500	1,869	0,0935	0,073	16	109	111	59	1E+03
Р. Адуй - с. Нагорное	155	1,356	10500	1,628	0,0814	0,066	14	106	107	66	1E+03
Р. Реж – с. Черемисское	150	1,314	10500	1,575	0,0788	0,066	14	102	104	66	1E+03
Р. Нейва - пгт. Нейво - Рудянский	138	1,209	10500	1,449	0,0725	0,066	14	94	96	66	1E+03
Р. М.Рефт – п. Рефтинский	135	0,919	10500	1,418	0,0709	0,085	19	71	73	51	918,973
Р. Либарка – д. Сарапулка	132	1,156	10500	1,386	0,0693	0,066	14	90	92	66	1E+03

Р. Сысерть – п. В.Сысерть	130	1,139	10500	1,365	0,0683	0,066	14	89	90	66	1E+03
Р. Сысерть - Черданцево	127	1,046	10500	1,334	0,0667	0,070	15	82	83	62	1E+03
Р. Исеть – г. Среднеуральск	122	1,069	10500	1,281	0,0641	0,066	14	83	85	66	1E+03
Р. Б.Калиновка - с. Чернокорово	121	0,949	10500	1,271	0,0635	0,074	16	74	75	59	949163
Р. Б.Калиновка - д. Паршиново	121	0,958	10500	1,271	0,0635	0,073	16	75	76	60	957,556
Р. Выя(из) - г. Качканар	115	1,006	10500	1,208	0,0604	0,066	14	78	80	66	1E+03
Р. Вогулка - пгт. В.Тагил	110	0,919	10500	1,155	0,0578	0,069	15	72	73	63	919.220
Р. Нейва - с. Ниж.Таволги	110	0,964	10500	1,155	0,0578	0,066	14	75	76	66	963.600
Р. Нейва - с. Ниж.Таволги	108	0,900	10500	1,134	0,0567	0,069	15	70	71	63	899.852
Р. Отва – 3,5 км от г. Новая Ляля	102	0,894	10500	1,071	0,0536	0,066	14	70	71	66	893.520
Р. Полевая – г. Полевской	100	0,876	10500	1,050	0,0525	0,066	14	68	69	66	876.000
Р. Северушка – г. Полевской	99	0,867	10500	1,040	0,0520	0,066	14	68	69	66	867.240
Р. Нейва - г. Ново - Уральск	95	0,832	10500	0,998	0,0499	0,066	14	65	66	66	832.200
Р. Аять - с. Пьянковка	93	0,815	10500	0,977	0,0488	0,066	14	64	65	66	814.680

Р. Калья – г. Севепоуральск	91	0,797	10500	0,956	0,0478	0,066	14	62	63	66	797.160
Р. Тагил - 387 км от устья	90	0,751	10500	0,945	0,0473	0,069	15	59	60	63	751.323
Р. Кунара - д. Тыгиш	89	0,707	10500	0,935	0,0467	0,073	16	55	56	60	707.293
Р. Яборковка – ниже д. Яборково	89	0,780	10500	0,935	0,0467	0,066	14	61	62	66	779.640
Р. Р. Салда - г. Красноуральск	88	0,771	10500	0,924	0,0462	0,066	14	60	61	66	770.880
Р. Аять - д. Пьянковка	88	0,771	10500	0,924	0,0462	0,066	14	60	61	66	770.880
Р. Кушва - г. Кушва	85	0,745	10500	0,893	0,0446	0,066	14	58	59	66	744.600
Р. Аять - д. Шандуриха	83	0,727	10500	0,872	0,0436	0,066	14	57	58	66	727.080
Р. Кунара - д. Глухово	76	0,602	10500	0,798	0,0399	0,073	16	47	48	60	601.524
Р. Ока - д. Ильчигулово	72	0,631	10500	0,756	0,0378	0,066	14	49	50	66	630.720
Р. Бол.Калиновка	69	0,546	10500	0,725	0,0362	0,073	16	43	43	60	545.782
Р. Турья - г. Карпинск	69	0,604	10500	0,725	0,0362	0,066	14	47	48	66	604.440
Р. Черная – пгт Черноисточинск	69	0,604	10500	0,725	0,0362	0,066	14	47	48	66	604.440
Р. М.Калиновка - д. Андрюшено	68	0,539	10500	0,714	0,0357	0,073	16	42	43	60	538.857

Р. Исеть – пгт Черноисточинск	65	0,569	10500	0,683	0,0341	0,066	14	44	45	66	569.400
Р. Бобровка - с. Трифаново	64	0,522	10500	0,672	0,0336	0,071	15	41	41	62	522.066
Р. Б.Шайтанка – г. Первоуральск	64	0,551	10500	0,672	0,0336	0,067	15	43	44	65	550.640
Р. Кунара - д. Билейка	63	0,501	10500	0,662	0,0331	0,073	16	39	40	60	500.623
Р. Ачит - рп. Ачит	61	0,520	10500	0,641	0,0320	0,068	15	41	41	64	520.285
Р. Ямбирка – с. Южаково	60	0,526	10500	0,630	0,0315	0,066	14	41	42	66	525.600
Р. Б.Калиновка - д. Троицкое	58	0,464	10500	0,609	0,0305	0,072	16	36	37	60	463.579
Р. Полдневая - с. Байны	55	0,437	10500	0,578	0,0289	0,073	16	34	35	60	436.675
Р. Иргина - д. Новое Село	54	0,473	10500	0,567	0,0284	0,066	14	37	37	66	473.040
Р. Лямпа – п. Лобва	52	0,456	10500	0,546	0,0273	0,066	14	36	36	66	455.520
Р. Баранча - п. В.Баранча	51	0,447	10500	0,536	0,0268	0,066	14	35	35	66	446.760
Р. Сысерть – пгт Двуреченск	51	0,421	10500	0,536	0,0268	0,070	15	33	33	62	420.679
Р. Куба – г. Михайловск	49	0,429	15000	0,735	0,0368	0,094	21	33	34	46	429.240
Р. Исток - г. Екатеринбург	46	0,403	15000	0,690	0,0345	0,094	21	31	32	46	402.960

Р. Б.Сан - с. Аятское	44	0,385	15000	0,660	0,0330	0,094	21	30	31	46	385.440
Р. Бобровка - г. Артемовск	42	0,368	15000	0,630	0,0315	0,094	21	29	29	46	368.069
Р. Исеть - пос. Камышево	42	0,368	15000	0,630	0,0315	0,094	21	29	29	46	367.920
Р. Б.Калиновка - д. Ляпустина	42	0,369	15000	0,630	0,0315	0,094	20	29	29	46	369.452
Р. Ляга - с. Стриганское	42	0,368	15000	0,630	0,0315	0,094	21	29	29	46	367.920
Р. Урга – г. Талица	42	0,368	15000	0,630	0,0315	0,094	21	29	29	46	367.920
Р. Елинка - с. Байкалово	39	0,301	15000	0,585	0,0293	0,107	23	23	24	41	301.418
Р. Ачит - п. Заря	38	0,333	15000	0,570	0,0285	0,094	21	26	26	46	332.880
Р. Полевая – г. Полевской	38	0,333	15000	0,570	0,0285	0,094	21	26	26	46	332
Р. Вилуй – п. Краснопожье	36	0,315	15000	0,540	0,0270	0,094	21	24	25	46	315
Р. Юрмыч – д. Кокуй	36	0,315	15000	0,540	0,0270	0,094	21	24	25	46	315
Р. Бардым - д. Друж. Бардым	35	0,307	15000	0,525	0,0263	0,094	21	24	24	46	306
Р. Кирга - с. Знаменское	33	0,289	15000	0,495	0,0248	0,094	21	22	23	46	289
Р. Глубокая – г. Полевской	33	0,289	15000	0,495	0,0248	0,094	21	22	23	46	289

Р. Байковка – п. Павда	31	0,272	15000	0,465	0,0233	0,094	21	21	22	46	271
Р. Шайтанка – с. Николо - Павловское	31	0,272	15000	0,465	0,0233	0,094	21	21	22	46	271
Р. Бардым - пос. Н.Бардым	30	0,263	15000	0,450	0,0225	0,094	21	20	21	46	262
Р. Ачит - д. Шиловка	30	0,263	15000	0,450	0,0225	0,094	21	20	21	46	262
Р. Кобылья – с. Завьялово	30	0,263	15000	0,450	0,0225	0,094	21	20	21	46	262
Р. Зюрзю - с. Чувашково	28	0,245	15000	0,420	0,0210	0,094	21	19	19	46	245
Р. Арийка	27	0,237	15000	0,405	0,0203	0,094	21	18	19	46	236
Р. Елва – п. Каменка	27	0,237	15000	0,405	0,0203	0,094	21	18	19	46	236
Р. Тавра - пос. Бол.Тавра	26	0,228	15000	0,390	0,0195	0,094	21	18	18	46	227
Р. Полдневая - д. в. Полдневая	25	0,199	15000	0,375	0,0188	0,103	23	15	16	42	199
Р. Дальняя Быньга - с. Быньги	25	0,219	15000	0,375	0,0188	0,094	21	17	17	46	219
Р. Рублиха - пос. Бубчиково	####	0,193	15000	0,360	0,0180	0,103	22	15	15	42	
Р. Ут - д. Китшовка	24	0,210	15000	0,360	0,0180	0,094	21	16	17	46	210
Р. Грязнуха - д. Боевка	24	0,210	15000	0,360	0,0180	0,094	21	16	17	46	210

Р. Бугалыш - д. Голенищев	24	0,210	15000	0,360	0,0180	0,094	21	16	17	46	210
Р. Б.Шайтанка – д. Шайтанка	24	0,210	15000	0,360	0,0180	0,094	21	16	17	46	210
Р. Сараевка - д. Палецкова	23	0,198	15000	0,345	0,0173	0,096	21	15	16	45	197
Р. Кунара - с. Кунара	23	0,182	15000	0,345	0,0173	0,104	23	14	14	42	182
Р. Березовка - п. Березовский	####	0,120	15000	0,330	0,0165	0,151	33	9	10	29	120
Р. Карзя - п. Свердловский	22	0,193	15000	0,330	0,0165	0,094	21	15	15	46	192
Р. Карзя - пос. Свердловский	22	0,193	15000	0,330	0,0165	0,094	21	15	15	46	192
Р. Ока - д. Сухановка	22	0,193	15000	0,330	0,0165	0,094	21	15	15	46	192
Р. Билимбаевка – п. Билимбай	22	0,193	15000	0,330	0,0165	0,094	21	15	15	46	192
Р. Артя - с. Поташки	21	0,184	15000	0,315	0,0158	0,094	21	14	15	46	183
Р. Ачит - рп. Ачит	21	0,184	15000	0,315	0,0158	0,094	21	14	15	46	183
Р. Шуралка - п. Шуралка	21	0,184	15000	0,315	0,0158	0,094	21	14	15	46	183
Р. Бродовка – с. Бродово	21	0,184	15000	0,315	0,0158	0,094	21	14	15	46	183
Р. Шайтанка - Арамашево	####	0,153	15000	0,300	0,0150	0,108	24	12	12	40	153

Р. Ока - д. Сухановка	20	0,153	15000	0,300	0,0150	0,108	24	12	12	40	153
Р. Потамка - пос. Гусский Потам	20	0,175	15000	0,300	0,0150	0,094	21	14	14	46	175
Р. Иленка - с. Ляпуново	20	0,153	15000	0,300	0,0150	0,108	24	12	12	40	153
Р. Б.Сан - с. Конево	20	0,175	15000	0,300	0,0150	0,094	21	14	14	46	175
Р. Сухая Утка – пос. Первомайский	20	0,175	15000	0,300	0,0150	0,094	21	14	14	46	175
Р. Лая – с. Лая	20	0,175	15000	0,300	0,0150	0,094	21	14	14	46	175
Р. Шиловка - п. Совхозный	18	0,158	15000	0,270	0,0135	0,094	21	12	12	46	157
Р. Иса – 15 км от п. Зопальный	18	0,158	15000	0,270	0,0135	0,094	21	12	12	46	157
Р. Мартимьянка - д. Ларино	17	0,149	15000	0,255	0,0128	0,094	21	12	12	46	148
Р. Брусаянка - д. Гилево	16	0,140	15000	0,240	0,0120	0,094	21	11	11	46	140
Р. Брусаянка - с. Черноусово	16	0,140	15000	0,240	0,0120	0,094	21	11	11	46	140
Р. Грязнуха - с. Грязновское	16	0,141	15000	0,240	0,0120	0,094	20	11	11	46	140
Р. Киргизин	15	0,131	15000	0,225	0,0113	0,094	21	10	10	46	131
Р. Б.Сан - с. Конево	15	0,131	15000	0,225	0,0113	0,094	21	10	10	46	131

Р. Виллой – пос. Новоасбест	15	0,131	15000	0,225	0,0113	0,094	21	10	10	46	131
Р. Лая – с. Лая	15	0,131	15000	0,225	0,0113	0,094	21	10	10	46	131
Р. Виллой – с. Виллой	15	0,131	15000	0,225	0,0113	0,094	21	10	10	46	131
Р. Камышенка - д. Соколова	14	0,123	15000	0,210	0,0105	0,094	21	10	10	46	122
Р. Таволга - с. Ниж.Таволги	13	0,114	15000	0,195	0,0098	0,094	21	9	9	46	113
Р. Каменка – пос. Каменка	13	0,114	15000	0,195	0,0098	0,094	21	9	9	46	113
Р. Шульга - п. Ключ	12	0,105	15000	0,180	0,0090	0,094	21	8	8	46	105
Р. Кунара - д. Чудово	12	0,099	15000	0,180	0,0090	0,100	22	8	8	44	98
Р. Шигая – д. Отевка	12	0,105	15000	0,180	0,0090	0,094	21	8	8	46	105
Р. Виллой – п. Новоасбест	12	0,105	15000	0,180	0,0090	0,094	21	8	8	46	105
Р. Бордовка – д. Шумиха	12	0,105	15000	0,180	0,0090	0,094	21	8	8	46	105
Р. Иса – пос. Покровский	11	0,096	15000	0,165	0,0083	0,094	21	7	8	46	96
Р. Лямпа - д. Лямпа	10	0,088	15000	0,150	0,0075	0,094	21	7	7	46	87
Р. Турыш - пос. Русский Турыш	10	0,088	15000	0,150	0,0075	0,094	21	7	7	46	87

Р. Черная – д. Контуганово	10	0,088	15000	0,150	0,0075	0,094	21	7	7	46	87
Р. Тюльгаш – с. Тюльгаш	10	0,088	15000	0,150	0,0075	0,094	21	7	7	46	87
Р. Нырья - с. Махнево	9	0,079	15000	0,135	0,0068	0,094	21	6	6	46	78
Р. Полуденка - пос. Зенковка	9	0,079	15000	0,135	0,0068	0,094	21	6	6	46	78
Р. Ачит - рп. Ачит	9	0,079	15000	0,135	0,0068	0,094	21	6	6	46	78
Р. Путик – с. Накоряково	9	0,079	15000	0,135	0,0068	0,094	21	6	6	46	78
Р. Пойка - с. Голубковское	8	0,070	15000	0,120	0,0060	0,094	21	5	6	46	70
Р. Исток - д. Черемисское	8	0,070	15000	0,120	0,0060	0,094	21	5	6	46	70
Р. Сипавка - с. Сипавское	8	0,070	15000	0,120	0,0060	0,094	21	5	6	46	70
Р. Илинка - д. Ляпунова	7	0,061	15000	0,105	0,0053	0,094	21	5	5	46	61
Р. Ключевой Исток - д. Комарово	7	0,061	15000	0,105	0,0053	0,094	21	5	5	46	61
Р. Зюрзю - п. Александровский	7	0,061	15000	0,105	0,0053	0,094	21	5	5	46	61
Р. Сарсинка - д. Сарсы	7	0,061	15000	0,105	0,0053	0,094	21	5	5	46	61
Р. Талица – г. Первоуральск	7	0,061	15000	0,105	0,0053	0,094	21	5	5	46	61

Р. Черемшанка – пос. Крылосово	7	0,061	15000	0,105	0,0053	0,094	21	5	5	46	61
Р. Мартьян – п. Уралец	7	0,061	15000	0,105	0,0053	0,094	21	5	5	46	61
Р. Чауж – в 8 км от Черноисточинска	7	0,061	15000	0,105	0,0053	0,094	21	5	5	46	61
Р. Р. Бобровка - пос. Растущий	6	0,053	15000	0,090	0,0045	0,094	21	4	4	46	52
Р. Шамельдейка - д. Никитино	6	0,046	15000	0,090	0,0045	0,109	24	4	4	40	45
Р. Таволга - д. В.Таволги	6	0,053	15000	0,090	0,0045	0,094	21	4	4	46	52
Р. Мака – с. Лая	6	0,053	15000	0,090	0,0045	0,094	21	4	4	46	52
Р. Бобровка - с. Косулино (ниже на 1.2м)	5	0,044	15000	0,075	0,0038	0,094	21	3	3	46	43
Р. Бобровка - с. Косулино	5	0,044	15000	0,075	0,0038	0,094	21	3	3	46	43
Р. Каменка - с. Бруснятское	5	0,044	15000	0,075	0,0038	0,094	21	3	3	46	43
Р. Полдневая - д. В.Полдневая	5	0,044	15000	0,075	0,0038	0,094	21	3	3	46	43
Р. Осиновка - д. Осиновка	5	0,044	15000	0,075	0,0038	0,094	21	3	3	46	43
Р. Белая Каменка – пос. Кузино	5	0,044	15000	0,075	0,0038	0,094	21	3	3	46	43

Р. Ельничная – пос. Пильня	5	0,044	15000	0,075	0,0038	0,094	21	3	3	46	43
Р. Висим – с. Захарово	5	0,044	15000	0,075	0,0038	0,094	21	3	3	46	43
Р. Кушва – п. Зопальный	5	0,044	15000	0,075	0,0038	0,094	21	3	3	46	43
Р. Ельничная - пос. Ельничный	4	0,035	15000	0,060	0,0030	0,094	21	3	3	46	35
Приток Р. Б.Калиновка	4	0,035	15000	0,060	0,0030	0,094	21	3	3	46	35
Р. Юва - д. Сасиново	4	0,035	15000	0,060	0,0030	0,094	21	3	3	46	35
Р. Бл.Быньга - с. Быньга	4	0,035	15000	0,060	0,0030	0,094	21	3	3	46	35
Р. Мартьян – пос. Уралец	4	0,035	15000	0,060	0,0030	0,094	21	3	3	46	35
Р. Мартьян – п. Уралец	4	0,035	15000	0,060	0,0030	0,094	21	3	3	46	35
Р. Шакиш - с. Деево	3	0,026	15000	0,045	0,0023	0,094	21	2	2	46	26
Р. Мохнатка - д. М.Речкалово	3	0,026	15000	0,045	0,0023	0,094	21	2	2	46	26
Р. Исток - д. Пирагово	3	0,026	15000	0,045	0,0023	0,094	21	2	2	46	26
Р. Режим – пос. Новоасбест	3	0,026	15000	0,045	0,0023	0,094	21	2	2	46	26
Р. Северка – п. Молодежный	3	0,026	15000	0,045	0,0023	0,094	21	2	2	46	26

Р. Шакурка – пос. Красноармеец	2	0,018	15000	0,030	0,0015	0,094	21	1	1	46	17
Р. Режик – с. Режик	2	0,018	15000	0,030	0,0015	0,094	21	1	1	46	17
Р. Мартьян – п. Уралец	2	0,018	15000	0,030	0,0015	0,094	21	1	1	46	17
Руч. б. названия - с. Харловка	1,5	0,013	15000	0,023	0,0011	0,094	21	1	1	46	13
Руч. без назв. – д. Половинка	1	0,009	15000	0,015	0,0008	0,094	21	1	1	46	8
Р. Мартьян – пос. Уралец	1	0,009	15000	0,015	0,0008	0,094	21	1	1	46	8

ПРОТОКОЛЫ ИСПЫТАНИЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СОЗДАНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И
МОДЕЛЕЙ В НАТУРНЫХ УСЛОВИЯХ

«Утверждаю»

Директор НОЦ ВИЭ и ЭС

Доц., к.т.н. _____ А.И. Попов

«16» августа 2011 г.

Протокол № 1

ПРОТОКОЛ

ИССЛЕДОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ

ИСПЫТАТЕЛЬНОГО СТЕНДА НА БАЗЕ СОЛНЕЧНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ.

I ОБЩАЯ ЧАСТЬ

Место проведения испытаний (организация) УрФУ имени Б.Н.Ельцина

Адрес 620002 Екатеринбург, ул. Мира, 19

Начало и окончание испытаний с 1.05.11 по 15.05.11

Телефон 343-375-95-08 Факс (343) -375-47-78 E.mail aes@mail.ustu.ru

1. Объект испытаний

1.1. Название, тип или номер чертежа и изготовитель коллектора испытательный стенд на
базе солнечных коллекторов, изготовитель УрФУ

1.2 Заводской номер –б/н

1.3 Конструктивные параметры

Габаритные размеры, площадь

Апертурные размеры, площадь 5,95 кв.м

Масса стенда 242 кг

Расстояние между соединительными патрубками 1800 мм

Вид присоединения и присоединительные размеры резьбовой, $\frac{3}{4}$

Количество покрытий прозрачной изоляции стекло-однослойное, вакуумная;

Материал покрытий - прозрачная изоляция выполнена из стекла с селективным покрытием;

Вид теплоносителя вода/антифриз;

1.4 Состав оборудования стенда представлен в таблица. П.4.1.

Таблица. П.4.1. Состав оборудования стенда.

№	Наименование	Количество	Масса (без теплоносителя), кг
1.	Плоский солнечный коллектор	4	18
2.	Вакуумный солнечный коллектор SCM15-58/1800	1	26
3	Бак аккумулятор	1	80
4.	Насос WILLO	1	4
5.	Счетчик объема теплоносителя	1	2
6.	Термометры капиллярные	4	1,6
7.	Бак расширительный	1	4
8.	Вентили регулирующие	4	2,6
9.	Трубопроводы металлопластковые	12	20
10	Автоматические системы измерения метеорологических характеристик	2	16
11	Автоматические системы измерения теплофизических характеристик	1	8

1.5. Теплоизоляция и корпус

Теплоизоляция: материал - пенополиуретан, пенопласт, вакуумная;

Корпус:

Для плоских СК:

- корпус из специального профиля коррозионностойкого алюминиевого сплава, окрашенного полиэфирной порошковой краской в электростатическом поле,

Для вакуумного СК:

вакуумные колбы ;

1.6 Предельные допустимые параметры

Для плоских СК:

Рабочая температура до 90 °С, Рабочее давление до 1,0 МПа;

Другие ограничения: недопустимость прерывания циркуляции теплоносителя.

Для вакуумного СК:

Рабочая температура до 280 °С, Рабочее давление до 1,2 МПа;

Другие ограничения: недопустимость прерывания циркуляции теплоносителя.

1.7 Фотография или схема стенда

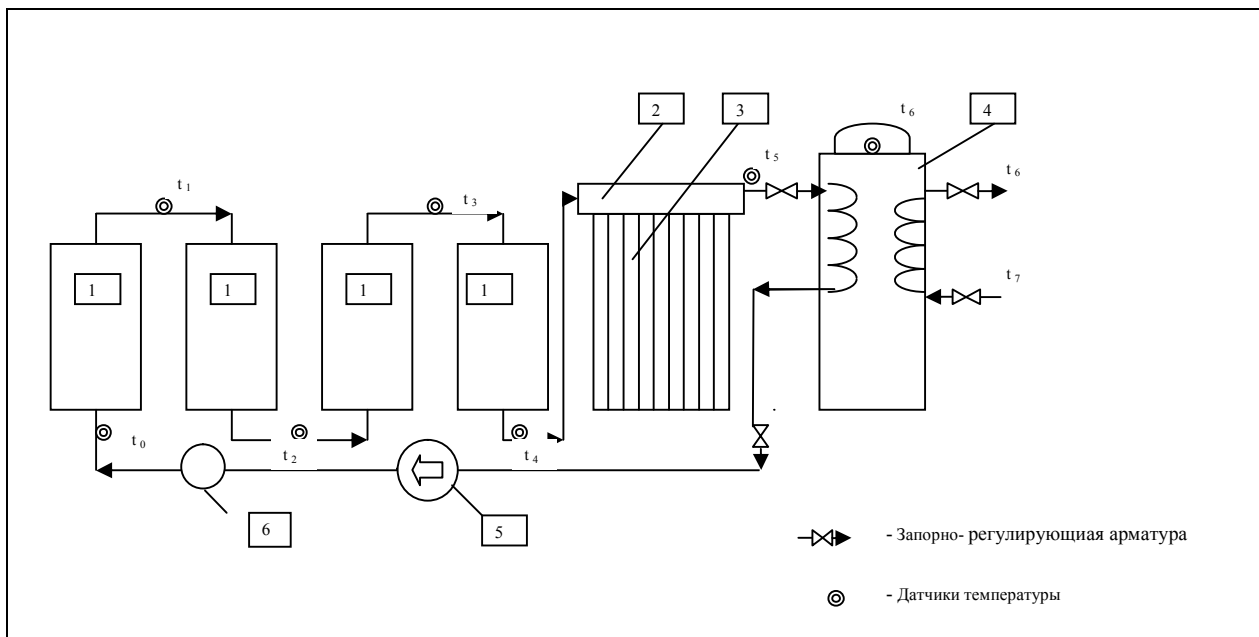


Рисунок П 4.1.1 Принципиальная схема испытательных стендов для исследования эффективности получения этанола, с использованием солнечных коллекторов в натуральных условиях.



Рисунок П 4.1.2 Фотография испытательного стенда

1.8 Особенности конструкции стенда.

Для плоских СК:

Корпус солнечного коллектора изготовлен из специального профиля коррозионностойкого алюминиевого сплава, окрашенного полиэфирной порошковой краской в электростатическом поле. Цвет — по международной шкале RAL. Светопоглощающая панель изготовлена из коррозионностойкого алюминиевого сплава методом диффузионно-прокатной сварки двух листов с последующим раздутием каналов. Надежна в эксплуатации и гарантирует герметичность при максимальном рабочем давлении 1,0 МПа. На рабочую поверхность панели нанесено поглощающее покрытие, имеющее высокую эффективность преобразования солнечной энергии в тепловую. Прозрачная изоляция выполнена из стекла с селективным покрытием.

Для вакуумного СК:

2. МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПЫТАТЕЛЬНОГО СТЕНДА

Т.к. исследования энергетических характеристик установки имело длительный характер, сбор и накопление информации, как по приходу солнечной радиации, так и по температурным характеристикам было максимально автоматизировано.

Для исследования радиационных характеристик применялись две независимых автоматических метеорологических комплекса (производства США), регистрирующих прямую и рассеянную радиацию, температуру и влажность окружающей среды, силу и направление ветра в автоматическом режиме с сохранением данных в памяти компьютера.

Для измерения температурных характеристик испытательного стенда был разработан и изготовлен специальный 20 канальный измерительный комплекс, позволяющий выполнять измерения в широком диапазоне температур.

Методика проведения исследований.

Подготовка стенда к работе.

1. Открытие воздушных клапанов бака аккумулятора.
2. Заполнение холодной водой бака аккумулятора (2-ой контур).
3. Открытие воздушных клапанов в верхней точке теплоносителя 1-го контура.
4. Заполнение теплоносителем 1-го контура стенда.
5. Выпуск воздуха и организация водяного уплотнения вала циркуляционного насоса.
6. Включение циркуляционного насоса и организация циркуляции по 1-му контуру.

7. Регистрация начальных показаний расхода теплоносителя.

Работа.

1. Включение измерительных комплексов регистрации солнечной радиации и температурных характеристик стенда.
2. Настройка и синхронизация баз данных систем п.1.
3. Регистрация значений температур в точках контура и баке в холодном состоянии при закрытых шторках доступа радиации на поверхность коллекторов.
4. Установка и регистрация заданного расхода теплоносителя.
5. Открытие шторок доступа солнечной радиации.
5. Продолжительность эксперимента при одном расходе определяется временем выхода на максимальные (или заданные) параметры бака аккумулятора и составляла в среднем 1- 2 суток.
6. После проведения эксперимента установка расхолаживалась и готовилась к эксперименту на следующем расходе теплоносителя 1-го контура..

3. .Результаты испытаний.

3.1 Результаты исследований прихода солнечной радиации

Таблица П4.1.2 - Результаты исследований приходов солнечной радиации.

Месяц	время замера		S, кВт/м ²
	истинное солнечное	фактическое местное	
январь	12:30	13:30	0.62
февраль	12:30	13:30	0.75
март	12:30	13:30	0.85
апрель	12:30	14:30	0.87
май	12:30	14:30	0.90
июнь	12:30	14:30	0.89
июль	12:30	14:30	0.86
август	12:30	14:30	0.84
сентябрь	12:30	14:30	0.83
октябрь	12:30	13:30	0.79
ноябрь	12:30	13:30	0.69
декабрь	12:30	13:30	0.57

3.2 Результаты исследований выработки тепловой энергии.

Таблица П4.1.3 - Результаты исследований эффективности стенда.

Месяц	время замера		Полученная солнечная энергия, МДж/мес	Тепловая энергия, выработанная стендом, МДж/мес
	истинное солнечное	фактическое местное		
январь	12:30	13:30	1212	848
февраль	12:30	13:30	2145	1502
март	12:30	13:30	3533.25	2473
апрель	12:30	14:30	3787.5	2651
май	12:30	14:30	4163.25	2914
июнь	12:30	14:30	3951	2766
июль	12:30	14:30	3981.75	2787
август	12:30	14:30	3921	2745
сентябрь	12:30	14:30	3466.5	2427
октябрь	12:30	13:30	2363.25	1654
ноябрь	12:30	13:30	1430.25	1001
декабрь	12:30	13:30	915	641
Год			34881	24417

4. Заключение.

1. Полученные результаты подтверждают высокую энергетическую эффективность вакуумных коллекторов. В тоже время использование менее эффективных плоских солнечных коллекторов оправдано их доступностью и низкой стоимостью.
2. Разработанная комбинированная схема стенда отвечает требованиям достаточно высокой энергетической эффективности. КПД стенда в стационарных условиях находится с диапазоне 0.65-0.7.
3. Тепловая мощность стенда 3-3,5 кВт достаточна для обеспечения технологического процесса производства топливного этанола.

Исполнители _____ Немихин Ю.Е.

_____ Велькин В.И.

_____ Матвеев А.В

«Утверждаю»

Директор НОЦ ВИЭ и ЭС

Доц., к.т.н. _____ А.И. Попов

«16» августа 2011 г.

Протокол № 2

ПРОТОКОЛ

ИССЛЕДОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ

ИСПЫТАТЕЛЬНОГО СТЕНДА НА БАЗЕ КОНЦЕНТРАТОРОВ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ.

I ОБЩАЯ ЧАСТЬ

Место проведения испытаний (организация) УрФУ имени Б.Н.Ельцина

Адрес 620002 Екатеринбург, ул. Мира, 19

Начало и окончание испытаний с 1.05.11 по 15.05.11

Телефон 343-375-95-08 Факс (343) -375-47-78 E.mail aes@mail.ustu.ru

1. Объект испытаний

1.1. Название, тип или номер чертежа и изготовитель коллектора испытательный стенд
на базе солнечных коллекторов, изготовитель УрФУ

1.2 Заводской номер –б/н

1.3 Конструктивные параметры

- параболоцилиндрический концентратор солнечной энергии площадью апертуры 1,2 кв.м,
- теплоприемный элемент с вакуумной тепловой изоляцией, теплопередающим элементом на основе тепловой трубы и встроенным теплообменником- парогенератором,
- бак аккумулятор тепла высокого потенциала (до 170 гр.С) с системой встроенных теплообменников,
- , температур на входе и выходе теплообменника- парогенератора, в баке аккумуляторе).
- система измерений нестационарных характеристик (температур на входе и выходе теплообменника- парогенератора, в баке аккумуляторе с регистрацией данных на компьютер),
- систему измерений нестационарных характеристик солнечной радиации.
- систему трубопроводов,

- электрическую коммутационную систему.

Вид теплоносителя вода/ жидкость полиметилсилоксановая (ПМС-50);

1.4 Состав оборудования стенда представлен в таблице П 4.2.1.

Таблица П 4.2.1 Состав оборудования стенда.

№	Наименование	Количество	Масса (без теплоносителя), кг
1.	Параболоцилиндрический солнечный концентратор (№2)	1	26
2.	Бак аккумулятор	1	80
3	Термометры капиллярные	4	1,6
4.	Бак расширительный	1	4
5.	Вентили регулирующие	4	2,6
6.	Трубопроводы металлопластковые	12	20
7.	Автоматические системы измерения метеорологических характеристик	2	16
8.	Автоматические системы измерения теплофизических характеристик	1	8

1.5. Теплоизоляция и корпус

Теплоизоляция: материал -пенополиуретан, пенопласт, вакуумная;

Корпус:

вакуумные колбы ;

1.6 Предельные допустимые параметры

Для плоских СК:

Рабочая температура до 280 °С, Рабочее давление до 1,2 МПа;

Другие ограничения: недопустимость прерывания циркуляции теплоносителя.

1.7 Фотография или схема стенда

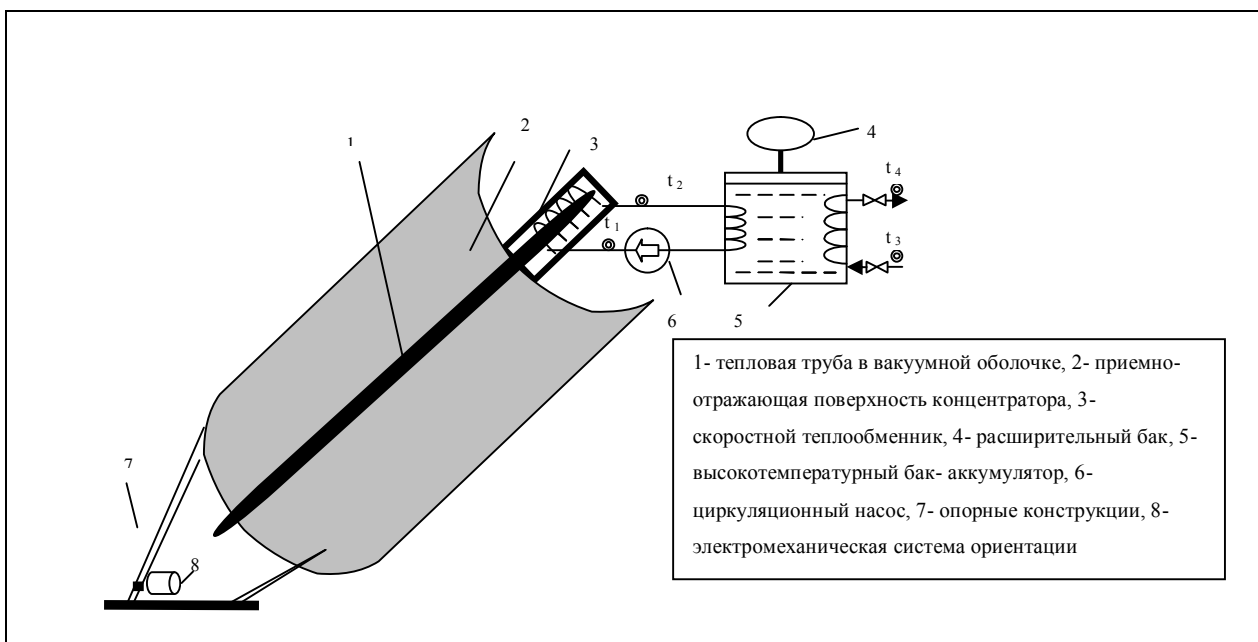


Рисунок П.4.2.1 Принципиальная схема испытательных стендов для исследования эффективности получения этанола, с использованием солнечных коллекторов в натуральных условиях.



Рисунок П.4.2.2 Фотография испытательного стенда

II. МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТ ИСПЫТАТЕЛЬНОГО СТЕНДА.

2.1 Методика проведения исследований концентратора

7. При отсутствии солнечной радиации бак теплообменник- парогенератор заправляется заданным объемом теплоносителя (от 1 до 5 литров)
8. Осуществлялась поверка датчиков температуры теплоносителя в зоне размещения конденсационной части тепловой трубы.
9. Включалась система автоматического измерения температуры с регистрацией результатов измерений в памяти компьютера.
10. Осуществлялась ориентация и фокусировка концентратора на солнце.
11. Продолжительность измерительного цикла определялась временем достижения заданного уровня температуры и выпариванием части объема жидкости из бака теплообменника.
12. После завершения опыта осуществлялась расфокусировка и расхолаживание концентратора, замена теплоносителя и повторение операций 1-5.

В ходе исследований определялись приходы солнечной радиации, изменение тепловых характеристик элементов установки; определялась энергетическая производительность и эффективность установки.

3. Результаты натурных испытаний эффективности стенда.

3.1 Результаты исследований прихода солнечной радиации представлены в таблице

П.4.2.2

Таблица П.4.2.2 - Результаты исследований приходов солнечной радиации.

Месяц	время замера		S, кВт/м ²
	истинное солнечное	фактическое местное	
январь	12:30	13:30	0.62
февраль	12:30	13:30	0.75
март	12:30	13:30	0.85
апрель	12:30	14:30	0.87
май	12:30	14:30	0.90
июнь	12:30	14:30	0.89
июль	12:30	14:30	0.86
август	12:30	14:30	0.84
сентябрь	12:30	14:30	0.83
октябрь	12:30	13:30	0.79
ноябрь	12:30	13:30	0.69
декабрь	12:30	13:30	0.57

3.2 Результаты исследований тепловой эффективности стенда представлены в таблице П.4.2.3.

Таблица П.4.2.3 - Результаты исследований тепловой эффективности стенда.

Месяц	время замера		Полученная тепловая энергия, МДж/мес	Средняя за период температура бака аккумулятора, гр. С
	истинное солнечное	фактическое местное		
январь	12:30	13:30	220	56
февраль	12:30	13:30	390	62
март	12:30	13:30	645	74
апрель	12:30	14:30	690	81
май	12:30	14:30	760	99
июнь	12:30	14:30	720	100
июль	12:30	14:30	726	100
август	12:30	14:30	715	100
сентябрь	12:30	14:30	632	84
октябрь	12:30	13:30	430	72
ноябрь	12:30	13:30	260	59
декабрь	12:30	13:30	166	49
Год			6360	

4. Заключение.

1. Стенд показал работоспособность и высокую надежность в течение всего периода эксплуатации.
2. Получаемый объем тепловой энергии достаточен для обеспечения технологии .
3. Уровень получаемых температур позволяет производить дистилляцию в период май-август.

Исполнители _____ Немихин Ю.Е.

_____ Велькин В.И.

_____ Матвеев А.В

«Утверждаю»

Директор НОЦ ВИЭ и ЭС

Доц., к.т.н. _____ А.И. Попов

«16» августа 2011 г.

Протокол № 3

ПРОТОКОЛ

ИССЛЕДОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ СТЕНДА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

I ОБЩАЯ ЧАСТЬ

Место проведения испытаний (организация) УрФУ имени Б.Н.Ельцина

Адрес 620002 Екатеринбург, ул. Мира, 19

Начало и окончание испытаний с 1.08.10 по 15.08.10

Телефон 343-375-95-08 Факс (343) -375-47-78 E.mail aes@mail.ustu.ru

1. Объект испытаний

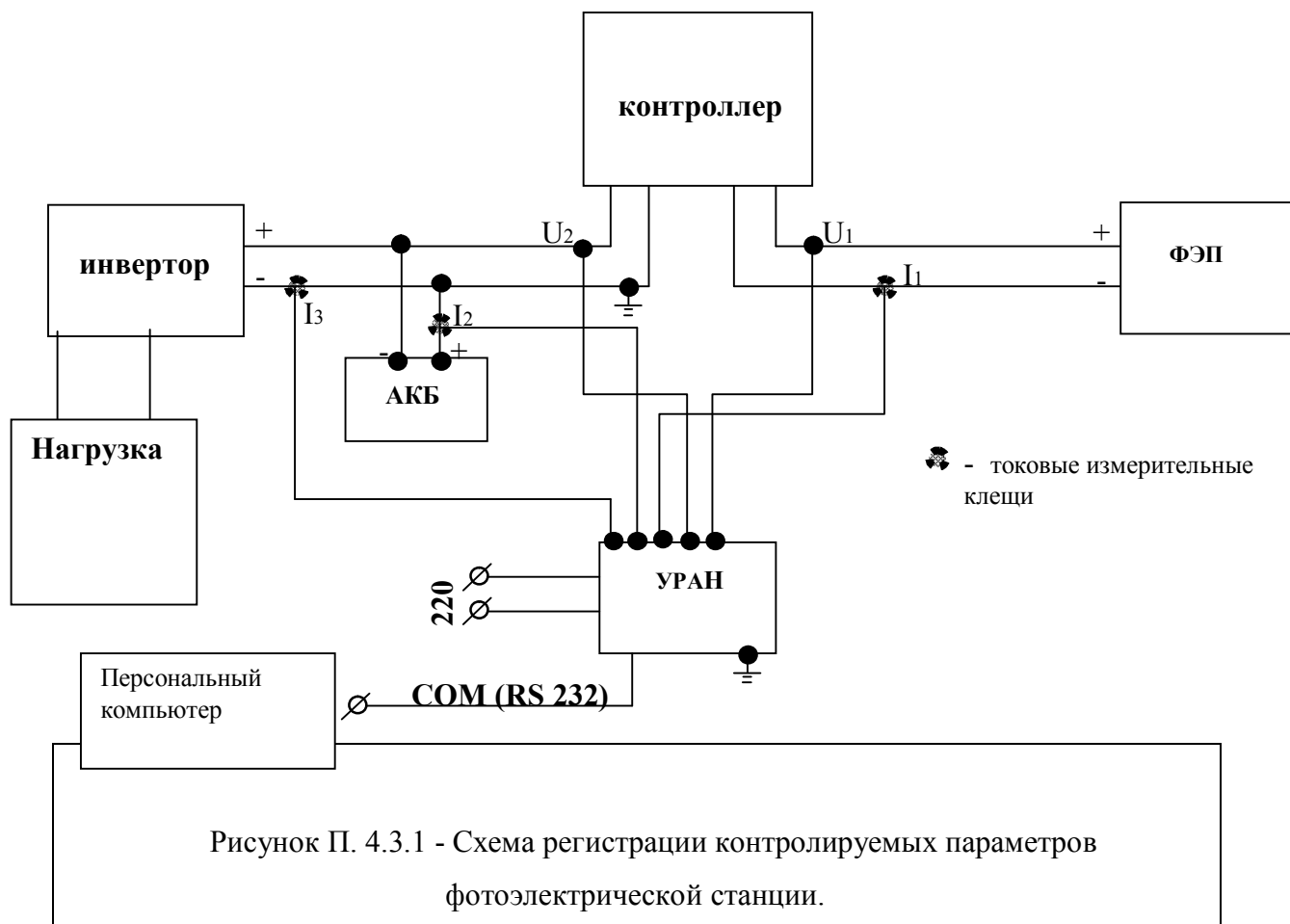
1.1. Технические характеристики

Испытательный стенд содержит следующие устройства:

- фотоэлектрические преобразователи на основе кристаллического кремния в количестве 5 штук общей мощностью 1.25 кВт ,
- активная поверхность фотоэлектрических преобразователей 8,08 кв.м.
- аккумуляторные батареи с гелиевым электролитом общей емкостью 500А*ч ,
- контроллер заряда аккумуляторных батарей ,
- преобразователь постоянного тока АКБ в переменный мощностью 3 кВт,
- электрическую коммутационную систему, включающую кабельные соединения отключающие и защитно- предохранительные устройства
- систему измерений нестационарных электрических характеристик (напряжений и токов с регистрацией данных на компьютер- система « УРАН»),
- систему измерений нестационарных характеристик солнечной радиации.

- систему регулируемых электрических нагрузок,

1.2. Схема стенда.



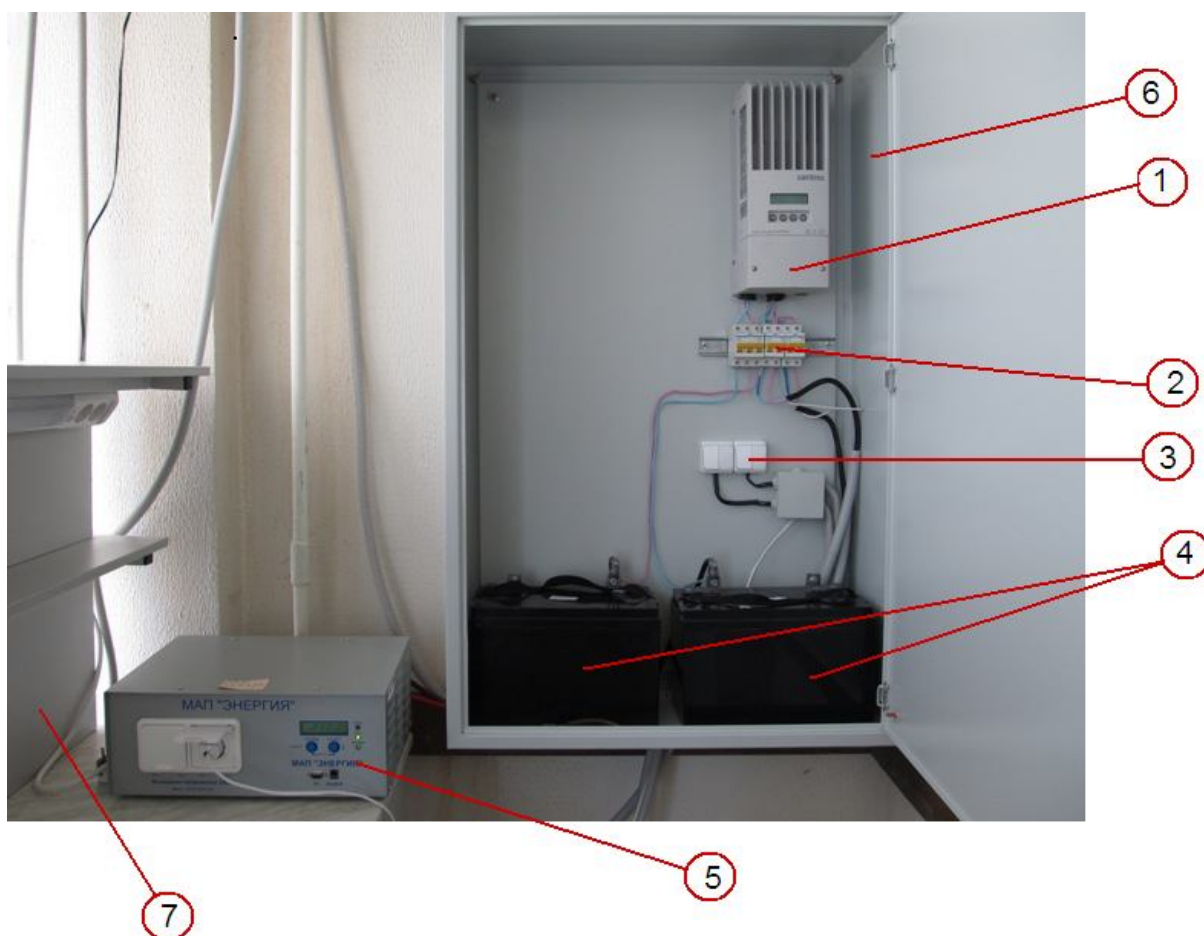


Рисунок П.4.3.2 Компоновка стенда.

- 1-контроллер заряда; 2- автоматы отключения ФЭП и АКБ;
3- выключатели светильников; 4-аккумуляторные батареи (2шт);
5-инвертор; 6-распределительный шкаф; 7- лабораторный стол.

2. Методика исследования .

Цель исследований состояла в определении объемов и темпов поступления электрической энергии от испытательного стенда при работе фотоэлектрических преобразователей в натуральных условиях солнечной инсоляции характерных для Уральского региона. Т.к . испытания имели долговременный характер и проводились в круглосуточном режиме все операции по сбору и сохранению информации были автоматизированы. В ручном режиме осуществлялась подготовка стенда и испытаниям, переключение полезных нагрузок и считывание информации для последующего анализа.

Подготовка стенда к испытаниям.

10. При отключенных солнечных панелях (ФЭП) произвести подключение элементов технологической схемы стенда (АКБ, контроллер, инвертор).

2. Путем секционного включения поэтапно подключить к схеме все секции солнечных панелей. При помощи штатных измерительных средств контроллера и инвертора убедиться в правильности сборки и работоспособности схемы стенда. Отключить секции ФЭП и инвертор.

3. Произвести подключение измерительных преобразователей системы «УРАН» для регистрации токов и напряжений (по схеме рис. 3.2). Подключить систему «УРАН» к ПЭВМ. Убедиться в работоспособности измерительной схемы (наличии сигналов по всем каналам, отсутствии наводок и пр.)

Проведение испытаний.

1. Осуществить секционное включение секции солнечных панелей.
2. Произвести измерение характеристик в режиме холостого хода стенда при помощи системы автоматического измерения «УРАН» с регистрацией результатов измерений в памяти компьютера в течении суточного периода.
3. Осуществить подключение 1-ой секции электрической нагрузки. Произвести измерение характеристик в режиме нагружения стенда при помощи системы автоматического измерения «УРАН» с регистрацией результатов измерений в памяти компьютера в течении заданного периода времени.

Продолжительность измерительного цикла определялась временем достижения заданного уровня зарядки АКБ при соответствующей мощности нагрузки.

4. После завершения опыта отключить нагрузку и произвести кратковременное измерение параметров в режиме холостого хода (10-15 мин).
5. Изменить уровень полезной нагрузки путем включения (выключения) дополнительных элементов нагрузки и повторить операций 1-4.

Завершение испытаний.

1. Осуществить секционное отключение нагрузок.
2. Осуществить секционное отключение секции солнечных панелей.
3. Сохранить результаты измерений в специальном файле ПЭВМ, памяти системы «УРАН» или на съемный носитель.
4. Отключить инвертор, измерительные преобразователи, систему «УРАН», ПЭВМ.

3. Результаты исследований.

3.1 Результаты исследований прихода солнечной радиации представлены в таблице П.4.3.1.

Таблица П.4.3.1 - Результаты исследований приходов солнечной радиации.

Месяц	время замера		S, кВт/м ²
	истинное солнечное	фактическое местное	
январь	12:30	13:30	0.62
февраль	12:30	13:30	0.75
март	12:30	13:30	0.85
апрель	12:30	14:30	0.87
май	12:30	14:30	0.90
июнь	12:30	14:30	0.89
июль	12:30	14:30	0.86
август	12:30	14:30	0.84
сентябрь	12:30	14:30	0.83
октябрь	12:30	13:30	0.79
ноябрь	12:30	13:30	0.69
декабрь	12:30	13:30	0.57

3.2 Результаты исследований выработки электрической энергии ФЭС.

Таблица П 4.3.2 - Результаты исследований эффективности стенда.

Месяц	время замера		Полученная солнечная энергия, МДж/мес	Энергия, выработанная ФЭС стенда, кВт*ч/мес
	истинное солнечное	фактическое местное		
январь	12:30	13:30	1616	200
февраль	12:30	13:30	2860	409
март	12:30	13:30	4711	657
апрель	12:30	14:30	5050	688
май	12:30	14:30	5551	833
июнь	12:30	14:30	5268	720
июль	12:30	14:30	5309	736
август	12:30	14:30	5228	724
сентябрь	12:30	14:30	4622	633
октябрь	12:30	13:30	3151	423
ноябрь	12:30	13:30	1907	286
декабрь	12:30	13:30	1220	143
Год			46508	6452

4. Заключение.

1. Стенд показал работоспособность и высокую надежность в течение всего периода эксплуатации.

2. Полученные характеристики обеспечивают работу установки по получению топливного этанола.

Исполнители _____ Немихин Ю.Е.

_____ Велькин В.И.

_____ Стариков Е.В.

«Утверждаю»

Директор НОЦ ВИЭ и ЭС

Доц., к.т.н. _____ А.И. Попов

«16» августа 2011 г.

Протокол № 4

ПРОТОКОЛ

ИССЛЕДОВАНИЯ ИСПЫТАНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГИДРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ В НАТУРНЫХ УСЛОВИЯХ.

I ОБЩАЯ ЧАСТЬ

Место проведения испытаний (организация) Верхнее-Бобровское водохранилище
Белоярского района Свердловской области.

Адрес 620000, Свердловская область, пос. Растущий

Начало и окончание испытаний с 1.06.10 по 15.08.11

Телефон 343-375-95-08 Факс (343) -375-47-78 E.mail aes@mail.ustu.ru

1. Объект испытаний

1.1. Технические характеристики

Поперечно-струйная гидравлическая турбина.

Полезная мощность генератора 1 кВт,

Напор 4,5 м,

Расход воды 0.25 куб.м/с.

1.2 Фотография или схема микроГЭС.



Рисунок П.4.4.1 – Фотография МГЭС

1.3 Особенности установки.

Натурные исследования проводились на существующем гидротехническом сооружении (водохранилище- плотина с донным водостоком и переливным колодцем и системой затворов донного водостока) Верхнее-Бобровского водохранилища Белоярского района Свердловской области.

Схема размещения микроГЭС на ГТС Верхне-Бобровского водохранилища приведена на рисунке П.4.4.2.

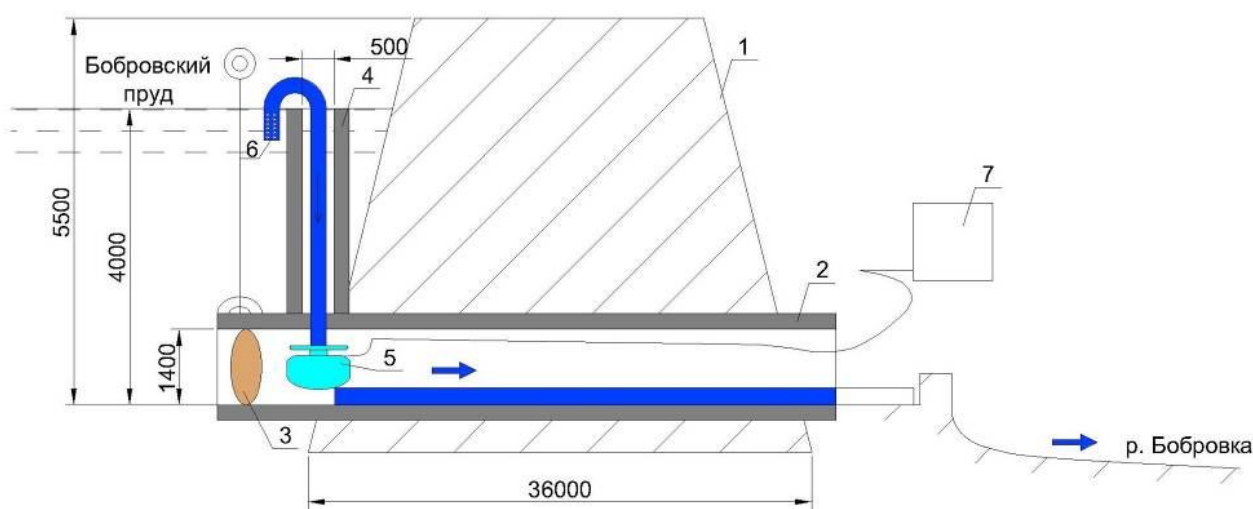


Рисунок П.4.4.2. Схема размещения микроГЭС.

2. Методика исследования

Методика проведения натурных исследований.

Подготовка к работе.

1. Монтаж микроГЭС в объеме плотины (в донном водоводе в точке ввода в него переливного колодца).
2. Установка и подключение блока управления.
3. Установка и подключение балластной и полезных нагрузок.
4. Установка и подключение системы измерения (АРРА 109 с компьютером).
5. Монтаж и герметизация сифонного водовода.
6. Заполнение сифонного водовода водой (при закрытой запорно- регулирующей задвижке).

Работа.

1. Открытие запорно- регулирующей задвижки и установление минимального расхода.
2. Измерение расхода воды на выходе из водотока объемным методом (емкость 0,08 куб. м., электронный секундомер).
3. Регистрация выходных характеристик микро ГЭС в режиме холостого хода.
4. Путем дальнейшего открытия запорно- регулирующей задвижки установка расхода воды, измерение его и регистрация выходных характеристик микроГЭС при подключении полезных нагрузок.

3. Результаты исследований.

3.1 Результаты исследований расхода в створе ГТС представлены в таблице П.4.4.1

Таблица П.4.4.1 - Результаты исследований расхода в створе ГТС.

Месяц	время замера		G, л/мин
	истинное солнечное	фактическое местное	
январь	12:30	13:30	88
февраль	12:30	13:30	154
март	12:30	13:30	991
апрель	12:30	14:30	1653
май	12:30	14:30	1430
июнь	12:30	14:30	242
июль	12:30	14:30	110
август	12:30	14:30	132
сентябрь	12:30	14:30	243
октябрь	12:30	13:30	132
ноябрь	12:30	13:30	110
декабрь	12:30	13:30	110

3.2 Результаты исследований выработки электрической энергии микроГЭС представлены в таблице П.4.4.2.

Таблица П.4.4.2 - Результаты исследований выработки электрической энергии микроГЭС.

Месяц	время замера		Энергия, выработанная микроГЭС, кВт*ч/мес
	истинное солнечное	фактическое местное	
январь	12:30	13:30	720
февраль	12:30	13:30	720
март	12:30	13:30	720
апрель	12:30	14:30	720
май	12:30	14:30	720
июнь	12:30	14:30	720
июль	12:30	14:30	720
август	12:30	14:30	720
сентябрь	12:30	14:30	720
октябрь	12:30	13:30	720
ноябрь	12:30	13:30	720
декабрь	12:30	13:30	720
Год			8640

4. Заключение.

1. Стенд с микроГЭС показал работоспособность и высокую надежность в течение всего периода эксплуатации.

2. Полученные характеристики, соответствуют проектным данным и обеспечивают работу установки по получению топливного этанола.

3. Имеющийся гидравлический ресурс водохранилища позволяет увеличить выработку в весенние месяцы более, чем в 10 раз.

Исполнители _____ Немихин Ю.Е.

_____ Велькин В.И.

_____ Яковлев А.О.